

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Bakalářská práce

Vytvoření úloh pro provoz a řízení sítí

Creation of laboratory tasks for network operation and control

Zpracoval: Hessel German David

Rok: 2018

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **German David Hessel**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: Vytvoření úloh pro provoz a řízení sítí
Creation of laboratory tasks for network operation and control

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- o Hromadné dálkové ovládání.
- o Měření elektrické energie.
- o Vytvoření laboratorní úlohy Elektroměr.
- o Vytvoření laboratorní úlohy HDO.
- o Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- o Rusek, S.: Hromadné dálkové ovládání, učební texty do Řízení elektrizačních soustav, VŠB-TU Ost
- o Elektrotechnická měření, BEN Praha 2002, ISBN 80-7300-022-9
- o Další podle pokynů vedoucího práce

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Veškeré použité podklady, ze kterých jsem čerpal informace, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a citovány v textu podle normy ČSN ISO 690.

V Ostravě dne 30. 4. 2018



German David Hessel

Abstrakt

Práce se zabývá systémem hromadného dálkového ovládání (HDO) jako řídicího a automatizačního systému pro nízkonapěťové a vysokonapěťové elektrické sítě. Obsahuje také hlavní charakteristiky provozu, způsoby konfigurace, kontrolní metody a způsoby jakým jsou připojeny na distribuční nebo přenosové sítě, a to pomocí impulsů s různými frekvencemi. Systém HDO pracuje současně s elektroměry, které jsou zodpovědné za správné měření potřebné energie, buď domácností anebo z jedné konkrétní oblasti. Práce se také zabývá různými typy elektroměrů s příslušnými poruchami měření a typy elektroměrů používanými pro každou napěťovou hladinu. Závěry této práce ukazují, jak vypadají laboratorní úlohy elektroměrů a systému HDO, schémata zapojení a výsledné charakteristiky každého zařízení. Úkolem realizace těchto úloh je nejen získání přesnosti zařízení, ale také ověření správných funkcí jak elektroměrů, tak systému HDO.

Klíčová slova

Hromadné dálkové ovládání, Přenos informace, Silová vedení, Telegramy, Povelových kódů, Ovládací kmitočtu, Rušivé harmonické vyšších řádů, Elektrické energie.

Abstract

The thesis deals with the system of mass remote control (HDO) as the main control and automation system for low voltage and high voltage electrical networks. It also contains the main operating characteristics, configuration methods and control methods, and how they are connected to distribution or transmission networks, using pulses of different frequencies. The HDO system works at the same time with electricity meters that are responsible for the correct measurement of the required energy either by households or by one specific area. The thesis also deals with diverse types of meters with the relevant measurement errors and types of meters used for each voltage level. The conclusions of this paper show how the electrometers and HDO tests, the wiring diagrams and the resulting characteristics of each device look like. The task of performing these tests is not only to obtain the accuracy of the device but also to verify the correct functions of both the meters and the HDO system.

Keywords

Mass remote control, Information transmission, Power lines, Telegrams, Command codes, Control frequency, Disturbing harmonics of higher orders, Electricity.

Poděkování

Mé velké poděkování patří doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D. za odborné vedení práce, věcné připomínky, dobré rady a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání bakalářské práce.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Hromadné dálkové ovládání	2
3. Měření elektrické energie	13
4. Měření na elektroměru	28
5. Měření HDO	31
6. Závěr.....	34

Seznam symbolů a zkratek

HDO – Hromadné dálkové ovládání.

RHDO – Rádiově hromadné dálkové ovládání.

PLC – Programovatelný logický automat.

VT– Vysoký tarif.

NT – Nízké tarif.

vn – Vysoké napětí.

nn – Nízké napětí.

1f – Jednofázový.

2f – Dvoufázový.

3f – Třífázový.

Hz– Hertz.

U – Napětí.

I – Proud.

I_n – Jmenovitý proud.

Z – Zátěž (odpor).

Ω – Ohm.

P – Výkon.

t – Čas.

MP – Měřicí přístroj.

r – rozsah přístroje.

ac – Celkový počet dílků na stupnici přístroje.

α – Výchylka MP.

Δ – Absolutní chyba měření.

M – Naměřenou hodnotou.

S – Skutečnou hodnotou.

δ – Poměrná chyba.

δ – Třída přesnosti elektroměru.

Δ_m – Maximální chyba přístroje.

X_R – Největší hodnota měřicího rozsahu.

Seznam ilustrací a tabulky

Obrázek 1. Schéma vysílače HDO pro síť vn.....	5
Obrázek 2. Vysílače HDO pro síť vn, 110 kV	5
Obrázek 3. Schéma přijímače HDO pro síť nn	6
Obrázek 4. Přijímače HDO a elektroměry.....	6
Obrázek 5. Ukázka přijímače nn	6
Obrázek 6. Blokové schéma přijímače HDO typu FMX 500.....	7
Obrázek 7. Paralelní povelový kód	9
Obrázek 8. Sériový povelový kód.....	9
Obrázek 9. Pokrytí signálem HDO v ČR	10
Obrázek 10. Schéma směřování signálu HDO	11
Obrázek 11. Rušivé harmonické vyšších řádů působící na HDO	13
Obrázek 12. Měření objektu.....	14
Obrázek 13. Zapojení cívek elektrodynamického ampérmetru	16
Obrázek 14. Přímé měření výkon pomocí wattmetru	17
Obrázek 15. Nepřímé měření výkon pomocí přístrojů	18
Obrázek 16. Jednofázového elektroměr NT.....	20
Obrázek 17. Jednofázový mechanický indukční elektroměr.....	20
Obrázek 18. Třífázového elektroměr VT	21
Obrázek 19. Třífázový elektronický elektroměr.....	21
Obrázek 20. 3f čtyřkvadrantový elektroměr.....	22
Obrázek 21. Kvadranty elektroměru.....	22
Obrázek 22. Display čtyřkvadrantní elektroměr.....	22
Obrázek 23. Zapojení 3f dvoutarifního elektroměru	27
Obrázek 24. Schéma zapojení obvodu	29
Obrázek 25. Praktické zapojení obvodu.....	29
Obrázek 26. Analogový wattmetr, $\cos\varphi=1$	30
Obrázek 27. Schéma zapojení přijímače HDO pro oba měření	32
Obrázek 28. Praktické schéma zapojení přijímače HDO pro ověření funkcí.....	32
Obrázek 29. Praktické schéma zapojení přijímače HDO pro ověření frekvenční charakteristiky	33
Obrázek 30. Typy přijímačů používané na měření	33
Obrázek 31. propojovací krabice s deseti svorky	34

Tabulka 1 – Druh elektroměru a jejich značek.....	25
Tabulka 2 – Největší dovolené chyby pro jednofázové a třífázové elektroměry třídy přesnosti 0,5 se symetrickým zatížením.....	25
Tabulka 3 – Největší dovolené chyby pro třífázové elektroměry třídy přesnosti 0,5 při zatížení jediné fáze, ale se symetrickým třífázovým napětím přivedeným na napěťové obvody.....	26
Tabulka 4 – Největší dovolené chyby pro 1f a 3f elektroměry třídy přesnosti 0,2 S a 0,5 S se symetrickým zatížením	26

1. Úvod

Hromadné dálkové ovládání (HDO) je řídicí a ovládací systém, který pro přenos informací využívá silnoproudou rozvodnou síť. Typické znaky HDO, kterými se odlišuje od klasického dálkového ovládání, je možné shrnout takto:

- Přenos informace z jednoho centrálního bodu současně do mnoha obvykle geograficky rozptýlených míst.
- Provoz s určitou nedokonalostí zabezpečení správnosti přijatého kódu.
- Provoz bez zpětné signalizace o provedení nebo neprovedení povelu v místě příjmu signálu, tedy provoz s poměrně malým stupněm zabezpečení správnosti příjmu.
- Pro zvýšení pravděpodobnosti příjmu správného signálu se často užívá opakované vysílání povelu.
- Předpokládá se správné vykonání povelu u převážné většiny ovládacích míst (hromadný efekt), nelze zde vyloučit zcela bezchybné působení všech přijímačů v libovolném místě ovládané oblasti a v libovolném čase.
- Téměř vždy se užívá přenosových cest s poměrně nepříznivými přenosovými vlastnostmi.

Systém HDO je prováděn pomocí vysílačů umístěných v rozvodnách distribučních soustav a přijímačů umístěných u spotřebitelů. Přenos ovládacího signálu je zprostředkován pomocí telegramů přenášovaných po vedeních distribučních soustav.

Jednotlivé typy spotřebičů jsou rozlišeny různými tvary těchto telegramů. Jeho hlavním účelem je regulace energetické soustavy. Při špičkových odběrech lze vypnout nekritické zátěže, a naopak v případě malého odběru lze zapnout různé akumulací systémy, jako je ohřev vody, akumulací vytápění a podobné. HDO se také používá pro přepínání energetických tarifů, kdy poskytuje větší flexibilitu než pevně nastavené spínací hodiny.

Elektrická měření: je určována číselná hodnota měřené veličiny. Měření sleduje nějakou fyzikální veličinu, například délku, sílu, teplotu, intenzitu elektrického proudu anebo elektrický odpor. Během let byly vytvořeny různé metody ke zjišťování přesných hodnot měření, hlavně tam, kde jsou vyžadovány vysoké napěťové hladiny, které vyžadují vysoké výkony přenosových sítí, například z elektrárny do města. Hlavní přístroje využívané pro měření elektrické energie používají, jak přímé, tak nepřímé metody, na které se pak rozdělí podle přesností tzv. třída přesnosti měřicích přístrojů. Přesnost je omezena pouze mechanickými prvky umístěnými v analogových měřicích přístrojích. Hlavní příčiny chyb u analogových měřicích přístrojů jsou:

- Nepřesnost výrobce a kalibrace.
- Rušivé síly a momenty (tření v ložiskách).
- Vnitřní rušivá magnetická a elektrická pole.
- Oteplení vlastní spotřebou.
- Stárnutí materiálů a součástek.
- Opotřebením a poškozením přístroje (mechanické díly).

2. Hromadné dálkové ovládání

Systém HDO se používá pro přenos informace silová vedení energetické sítě. Informace ve tvaru impulsního kódu je vysílána s frekvencí v řádu stovek hertz (až kilohertz) z vysílače HDO a je superponována na základní frekvenci elektrické rozvodné sítě (v České republice a v Evropě 50 Hz, např. v USA 60 Hz). Signál HDO je vysílán do každé fáze z rozvodu 110/22 kV do distribuční sítě (22 kV). Při vhodně zvolené pracovní frekvenci se informace spolehlivě šíří do všech částí distribuční sítě a přes transformátor se signál HDO dostává i do sítí nízkého napětí (400/230 V) až k místu odběru (spotřeby) elektrické energie. Informaci HDO je tedy možno identifikovat v libovolném místě této energetické sítě. Po vyslání povelu do rozvodné soustavy dojde k zapnutí, resp. vypnutí všech spotřebičů, které jsou přes stykač připojeny k přijímači HDO reagujícího na vyslanou frekvenci. Přijímač HDO je obvykle umístěn v elektroměrovém rozvaděči u odběratele. Nízká frekvence na které je HDO provozováno dostačuje jen na jednoduché povely, ale šíření signálu je v desítkách i stovkách km.

HDO využívá hromadný efekt, to znamená, že na vysílání jedné informace reagují v dané energetické síti přijímače, které jsou pro její příjem příslušně nastaveny. Počet přijímačů v energetické síti přitom není omezen výkonem vysílače, závisí pouze na zájmu nebo možnostech odběratelů (druh odběru, tarifní politika apod.). Distributoři elektrické energie mají jednotlivé frekvence rozděleny tak, aby nedocházelo k ovlivňování dálkově řízených spotřebičů u jiných distributorů.

Tento systém umožňuje zapínání spotřebičů (stykačů) v časech vysokého tarifu (VT) a nízkého tarifu (NT, dříve nazývaného noční proud), a tak ekonomicky rozvrhnout spotřebu. Při radiovém přenosu informace se systém označuje jako RHDO (radiové hromadné dálkové ovládání). Některá HDO obsahují i technologii obousměrné komunikace PLC. Systémy na principu vysílání, stejnosměrných impulsů do střídavé rozvodné sítě byly nejčastěji založeny na možnosti vytvoření stejnosměrného předpětí mezi nulovým vodičem a uzlem sekundární strany distribučního transformátoru vn/nn. Největšího rozšíření dosáhly však systémy HDO na principu vysílání střídavých impulsů. Z nich potom nejdůležitějším se staly mono frekvenční synchronizované systémy se spouštěnou časovou základnou. Byl to např. multifrekvenční systém Actadis, provozovaný ve Francii od r. 1932. V Německu potom byl systém Telenerg od r. 1933, Transkomandosystem od r. 1937 a řada dalších systémů realizovaných ve Švýcarsku od poloviny 30. let.

Historie HDO

V Československu byl připraven projekt nasazení HDO pro pražskou síť již v r. 1936 (Actadis od francouzské firmy CdC), ale nakonec nedošlo k jeho realizaci. Pokusy s tuzemským systémem HDO prováděla v r. 1936 i brněnská firma Pálka a Hrůza. Další pokusy s HDO na frekvenci 500 Hz pak prováděla pražská energetika za asistence Katedry elektrických strojů ČVUT v r. 1937. Po vypuknutí války byly však všechny tyto pokusy zastaveny. První komerční realizace HDO však začala z iniciativy Západočeských energetických závodů až v květnu 1960 ve městě Cheb, zejména na popud projektanta inovace veřejného osvětlení v historickém jádru města Ing. Vinčeva a obrovské iniciativy Ing. Fryčka, pracovníka ZČE. Byla použita ovládací frekvence 1050 Hz, která byla injektována na sekundární straně transformátoru 22/5 kV.

Další rozvoj HDO, zejména v Západočeském a Východočeském kraji, upřednostňoval nejprve instalaci vysílačů do napěťové úrovně vn (100/22 kV, 100/35 kV) a frekvenci 1050 Hz. Teprve později se postupně přecházelo na nižší ovládací frekvence a injektování signálu do úrovně 400/110 kV.

Na území České republiky se proto běžně setkáme se signály HDO na frekvenci 183,3, 283,3 nebo 216,6 Hz, v jiných zemích mohou kmitočty dosahovat až 2000 Hz.

V evropských sítích je stanovena základní frekvence na 50 Hz a její vyšší harmonické (zejména liché násobky) mohou způsobit rušení jiných signálů. Proto je třeba se vyhnout používání těchto kmitočtů k účelům řízení.

Území hlavního města je nyní pokryto čtyřmi vysílači s výkonem 800 či 1600 kVA a s ovládacím signálem HDO o frekvenci 216,6 Hz (vysílače Chodov a Malešice v majetku PRE a vysílače Mochov a Řeporyje, které jsou v majetku ČEZ). V současné době jsou systémy HDO na území státu provozovány třemi podniky – ČEZ, PRE a E-ON. Firma E-ON má takových vysílačů 7 a PRE pak již uvedené 2 vysílače. Vysílačů HDO injektujících signál do napěťové úrovně vn má pak ČEZ cca 50 (většinou s frekvencí 283,3 Hz) a E-ON celkem 5 o frekvenci 216,6 Hz. ČEZ má v současné době 14 vysílačů do napěťové úrovně 110 kV s výkony 800 kVA nebo 1600 kVA a většinou s frekvencemi 216,6 Hz (jen v severních Čechách je to 183,3 Hz).

K masovému rozšíření rádiových systémů HDO v Evropě prozatím nedošlo, zřejmě pro náklady, které jsou spojené s likvidací klasického HDO a následnou investicí do nové techniky, ale i z důvodu určitých problémů technického a provozního rázu. Kromě toho však dochází i k vývoji a instalaci dalších systémů HDO, které vytvářejí novou alternativu ke klasickému HDO po silnoproudé síti.

Hromadné dálkové ovládání slouží k regulováním spínacím systému. Plánovaného spínání zátěže u odběratelů na hladině nízkého napětí je regulována křivka spotřeby elektrické energie tak, aby v průběhu celého dne byla co nejvíce rovnoměrná, bez velkých výkonových skoků. Tyto křivky by totiž způsobovaly v distribučních sítích značné problémy. Distribuční síť umí elektrickou energii přenášet, nikoli akumulovat. Proto, když by nastal v síti problém s akutním přebytkem nebo nedostatkem elektrické energie, je využit systém HDO k vysílání hromadného povelu na odlehčení nebo naopak na připnutí zátěže, a tím distribuční síť a potažmo přenosovou soustavu vyregulovat. Tomuto se říká krizové řízení sítě pomocí HDO. Výhodou je, že od zjištění problému v síti lze pomocí tohoto nástroje velice rychle zareagovat a zabránit tak kolapsu sítě. Pro představu lze uvést, že od vyslání hromadného impulsu k přijímačům v síti dojde zhruba do jedné minuty k připnutí nebo naopak odepnutí veškeré potenciální zátěže. Pro přenos signálu HDO z vysílače k přijímači je používáno silové vedení. Informace pro přijímač je vysílána ve tvaru impulsního kódu, kterému se říká telegram HDO.

HDO a jeho nulová bezpečnost

Tento systém je v zásadě nezabezpečený signál vysílaný v otevřeném a nezabezpečeném prostředí. HDO přijímač jednoduše předpokládá, že pokud takový signál zachytí, má provést sepnutí či vypnutí. Nemá žádnou možnost zkontrolovat autenticitu signálu ani signál samotný. To dává téměř nepřebornou možnost k útokům všeho druhu, které by mohly znamenat i možnost přetížení části distribuční sítě.

Potenciál zabezpečení hromadné dálkové ovládání je prakticky nulový, dosavadní nasazované zabezpečení na úrovni rozvodu je nedostatečné. U signálu vysílaného po silových rozvodech i u radiových přijímačů by zkompatibilnění se současnými bezpečnostními standardy znamenalo kompletní výměnu technologie a doplnění infrastruktury na straně přijímače, což je složitost ekvivalentní k instalaci Smart infrastruktury.

Málo kódů, málo možností

HDO má jen omezenou sadu kódů, které lze vysílat, navíc každý přijímač má kód pevně nastavený a nejde na dálku změnit, musí jej nastavit technik (zpravidla výměnou přijímače). Dnes se odhaduje, že je cca 200 volných kódů, nedostalo by se tedy ani na všechny subjekty oprávněné obchodovat s elektřinou. Uvažovatelná je „dražba kódů“, to ale ukazuje limity HDO – takové řešení by tedy fungovalo jen pro někoho a jen částečně. Dlužno dodat, že HDO kódy se dnes používají pro regionalizaci a rozkládání zátěže, proto existují tyto volné kódy.

Stejně tak stojí za připomenutí, že co povel, to HDO kód, v jednom odběrném místě se tak typicky všechny spotřebiče spínají na nízký tarif jedním HDO kódem a pokud by se některé spotřebiče měly spínat v jiný čas, je třeba použít další kód a patřičně nastavit přijímač v odběrném místě.

Elektromagnetická kompatibilita v systémech HDO

Jedním z nejhorších interferenčních vlivů na fungování systémů HDO jsou nedostatečně odrušené tyristorové regulace různých spotřebičů připojených k energetické síti. Jsou to jednak tyristorové regulátory malých spotřebičů v domácnostech (kuchyňské roboty, vysavače, stmívače osvětlení aj.), které při svém provozu lokálně ruší signál HDO na vstupu přijímačů umístěných v bytech.

Dále jsou to dílenské stroje a přístroje (elektrické svářečky, vrtačky aj.), které opět mohou ve svém okolí vyřadit přijímače HDO ze správné funkce. Daleko větší následky mohou vyvolat neošetřené regulátory výkonových spotřebičů, které dokáží vyřadit z funkce přijímače HDO i v poměrně rozsáhlé oblasti energetické sítě. Tak např. při připojení těžního stroje o výkonu 3,4 MW k rozvodné síti 35 kV. Těžní zařízení obsahovalo pohon s tyristorovou regulací, přičemž jeho měnič byl připojen k rozvodné síti přímo bez odpovídající filtrace a kompenzace.

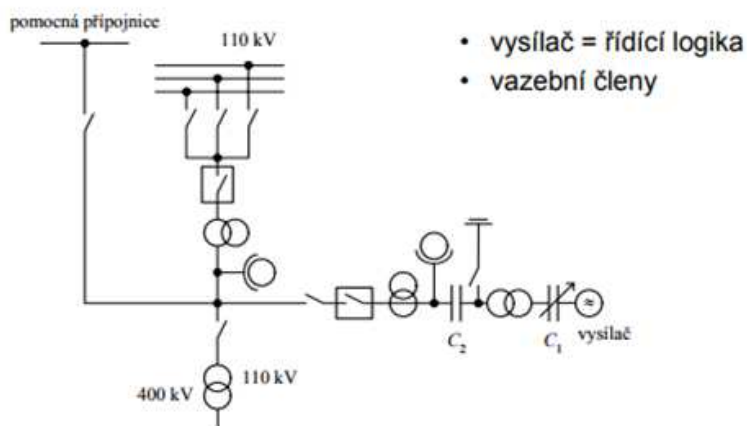
Rušivý zpětný vliv měniče způsobil zhroucení systému hromadného dálkového ovládání nejen v okolí dolu, ale prakticky v celé oblasti Náchodska. Na druhé straně je známo, že signál HDO způsobuje nežádoucí vlivy i na některé teleinformatické systémy. Jde především buď o elektromagnetické vazby do sousedních sdělovacích vedení, nebo o průnik signálu HDO do slaboproudých částí v důsledku nedokonalého řešení usměrňovacích bloků.

V poslední době se v energetických sítích také velmi rychle zvyšují počty alternativních zdrojů rozptýlené výroby, zejména větrných elektráren. Značná část generátorů těchto výroben má relativně nízkou impedanci na frekvencích HDO a v závislosti na této impedanci a místě připojení k síti (vzdálenosti od vysílače HDO) způsobuje větší či menší snížení úrovně signálu HDO, a proto bývá nutno nasadit přídatné hradící prostředky.

Vysílače HDO

Slouží jako rotační nebo statické zdroje ovládacího kmitočtu. Vysílače jsou ovládány příslušnou automatickou z dispečinků (ústřední automatika) nebo přímo z elektrických stanic, kde jsou tyto systémy umístěny, zde je také instalována ovládací automatika daného měniče kmitočtu. V počátcích vývoje těchto systémů sloužily ke generaci signálu rotační měniče kmitočtu. Ty však dokázaly generovat pouze signály určitých kmitočtů daných konstrukčním provedením soustrojí (počtem pólů alternátoru). Moderní vysílače HDO jsou tvořeny statickými výkonovými měniči kmitočtu na bázi tyristorových střídačů. Schéma vysokonapěťový vysílače je uveden na obrázku 1 a postavení vysílače v rozvodně na obrázku 2.

Kromě stabilní výstupní frekvence a její snadné regulace se vyznačují nižšími náklady na údržbu a malými rozměry. Lokální vysílače HDO jsou navázány na přístupovou síť, realizovanou soustavou vn a nn vedení, obvykle na sekundárním výstupu transformátoru v rozvodně. Ovládanou oblast energetické soustavy je vždy oblast od tohoto místa směrem k nižšímu napětí až do úrovně nn, kde jsou umístěny přijímače HDO.



Obrázek 1. Schéma vysílače HDO pro síť vn



Obrázek 2. Vysílače HDO pro síť vn, 110 kV

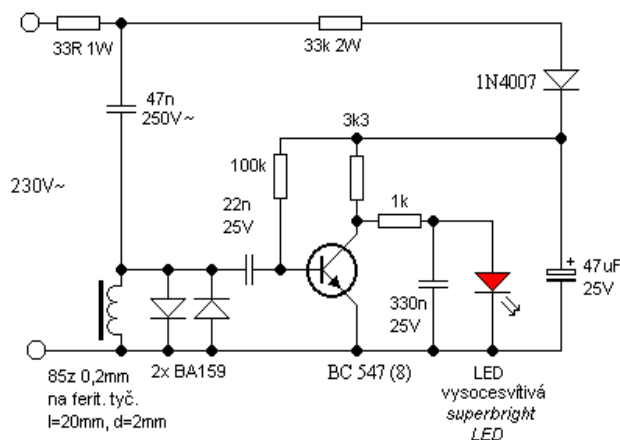
Přijímače HDO

Přijímače mohou mít ve své paměti uloženo několik časových programů, z nichž jeden lze pomocí telegramu HDO aktivovat a rovněž lze měnit jejich časy vysílání.

Tato funkce zpravidla vyžaduje vysílání časové synchronizace telegramem HDO.

Systém se nachází přímo u odběratelů elektrické energie. Běžně bývají umístěny v hlavním rozvaděči u elektroměru a zapojeny mezi libovolnou fází a nulový vodič. Na začátku přijímače se nachází filtr (rezonanční obvod) naladěný na danou frekvenci ovládacího signálu. Schéma přijímače je uveden na obrázku 3.

Přijímače mohou být vybaveny pamětí povelů vyslaných během posledních 24 hodin.



Obrázek 3. Schéma přijímače HDO pro síť nn

V případě nepřítomnosti signálu v síti po určitou dobu, ovládají přijímače svá výstupní relé v těchto časech, dokud se signál opět neobjeví. Jeden z nejdůležitějších částic je logický prvek, který dekóduje signál a informaci předá dál. V přijímači je akční člen (spínací zařízení), který řídí zapínání či vypínání ovládaného zařízení podle určité konfigurace. Na obrázku 4 je uvedeno zapojení kombinací přijímačů a elektroměrů v rozvaděči, a ukázka nízkonapěťový přijímače HDO na obrázku 5.



Obrázek 4. Přijímače HDO a elektroměry složené v kabinetu



Obrázek 5. Ukázka přijímače nn

Výhody systému:

- Odběratelům přináší snížení nákladů na energii v době nízkého tarifu.
- Umožňuje centrální řízení spotřeby elektrické energie.
- Snižuje zatížení sítě v exponovaných denních dobách.
- Může sloužit k dálkovému spínání zařízení (např. městského osvětlení).

Nevýhody systému:

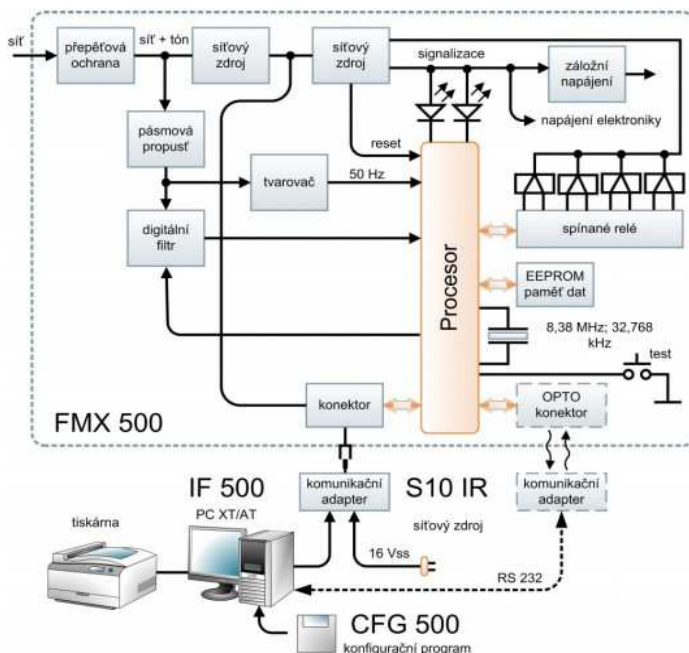
- Signál podléhá rušení v síti.
- Spotřebitel může být limitován určenými časy spínání.
- Malá bezpečnost.

TYPY PŘIJÍMAČŮ A JEJÍCH VLASTNOSTI

Přijímačů HDO řady FMX 500

Přijímaný signál je zpracován digitálním filtrem, jehož parametry lze v širokých mezích měnit. Vyhodnocování přijímaných signálů a řízení všech funkcí zabezpečuje procesor, jehož chování může být modifikováno změnou dat v paměti EEPROM. Na obrázku 6 můžeme vidět schéma zapojení přijímače HDO.

Přijímač může zpracovávat libovolný známý povelový kód. Uživatel přijímače může v širokých mezích volit parametry zpracovávaných povelových kódů, ovládací frekvenci a šířku filtru, citlivost, různé časové funkce i reakci na výpadek a opětovný náběh napájecího napětí.



Obrázek 6. Blokové schéma přijímače HDO typu FMX 500

Přijímač FMX 510

Přijímač je v samostatné skřínce s 12 svorkami osazený 1 až 4 relé s možností připevnění do rozvaděče pomocí třech šroubů M5 na tzv. trojúhelník. Výstupní relé 1 až 3 jsou výměnná. Zatížení výstupních relé je až 25 A. Kontaktní programovací konektor i tlačítko selftest jsou přístupné pouze po sejmutí krytu svorkovnice. Plombovací místa zaručují bezpečnou kontrolu neoprávněného zásahu do přijímače.

Přijímač FMX 560

Modul HDO osazený v jednofázovém elektroměru ZE 110.DH standardně osazovaný optorozhraním. Modul je tvořen pouze plošným spojem s elektronikou a výstupními relé, krytí je společné s elektroměrem. Na svorky přístupné po odstranění krytu svorkovnice elektroměru jsou vyvedeny kontakty relé K2 a K3 (zatížení až 8 A). Relé K1 a K4 sloužící k přepínání sazby elektroměru jsou realizována pomocí optronů.

Kódování HDO

Telegramy hromadného dálkového ovládání se skládají z řady impulzů pevně dané délky oddělených mezerami. V České republice se používají dva typy povelových kódů, paralelní a sériový povelový kód.

Společným znakem obou typů je, že začínají sekvencí startovacího impulsu a zabezpečovací mezery, jejichž délky se liší podle typu. Paralelní kód navíc obsahuje zabezpečovací impuls. Za úvodní sekvencí následuje 44 intervalů pro přenos informace. Celková délka datagramu je 63,5 sekundy.

Paralelní povelový kód: paralelní povelový kód nese informaci pro 44 skupin přijímačů. Přítomnost impulsu v daném intervalu znamená povel zapnout a nepřítomnost vypnout. Ukázka impulsu můžeme vidět na obrázku 7.

Časová skladba impulzů v povelu je následující:

- 1,00 s – startovací impuls.
- 1,66 s – zabezpečovací mezera.
- 2,33 s – zabezpečovací impuls.
- 0,33 s – mezera.
- 1,00 s – povelový impuls/pauza.
- Dvojice pauza-povel se opakuje 44 krát.

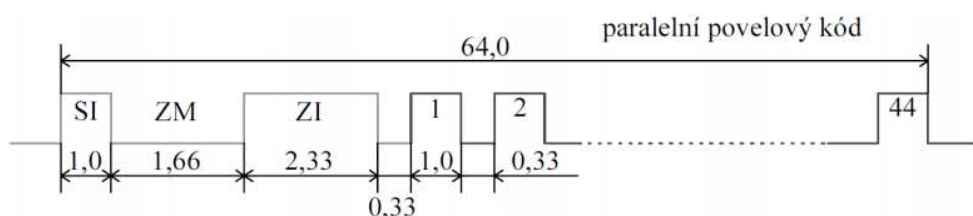
Sériový povelový kód: tento kód se skládá z adresní a výkonové části. Adresní část je tvořena blokem A, který je dlouhý čtyři intervaly a blokem B, pro který připadá osm intervalů. Každý interval představuje jednu adresu, čímž je možné přenášet i několik adres najednou. Výkonová část se dělí na 16 dvojic impulzů, kde první z dvojice znamená povel zapnout a druhý z dvojice znamená povel vypnout. Ukázka impulsu je uveden na obrázku 8. Na rozdíl od paralelního povelového kódu je tedy pro každých 5 povelů přítomen impuls.

Kombinací adresní a výkonové části lze ovládat až 512 skupin přijímačů. Konkrétní skupina se obvykle označuje ve formátu AxByPz, například A1B8P12.

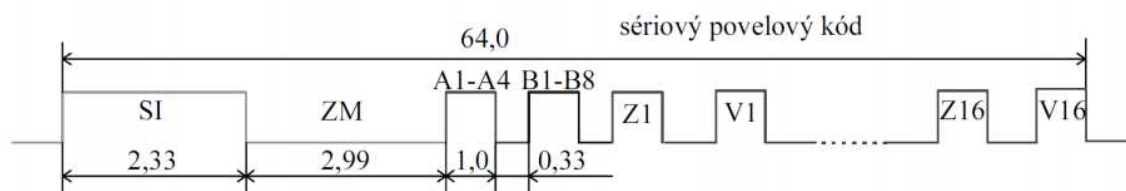
Časová skladba impulzů v povelu je následující:

- 2,33 s – startovací impuls.
- 2,99 s – zabezpečovací mezera.
- 1,00 s – adresní impuls/pauza A, opakuje se 4 krát s mezerou 0,33s.
- 1,00 s – adresní impuls/pauza B, opakuje se 8 krát s mezerou 0,33s.
- 1,00 s – povelový impuls/pauza zapnout.
- 0,33 s mezera.
- 1,00 s – povelový impuls/pauza vypnout.
- Sekvence zapnout-pauza-vypnout se opakuje 16 krát s mezerou 0,33 s, přítomen je nejvýše jeden impuls.

Struktura impulzních povelových kódů používaných v ČR



Obrázek 7. Paralelní povelový kód



Obrázek 8. Sériový povelový kód

Nastavení ovládací frekvence v Hz

V případě že máme přijímače typu FMX 500, tak při jedním stiskem výběr zvýšíme frekvenci o 1 Hz, stiskem dvakrát rychle za sebou s následným přidržením tlačítka probíhá rychle automatické zvyšování. Frekvenci je možné nastavit od 170 do 1000 Hz.

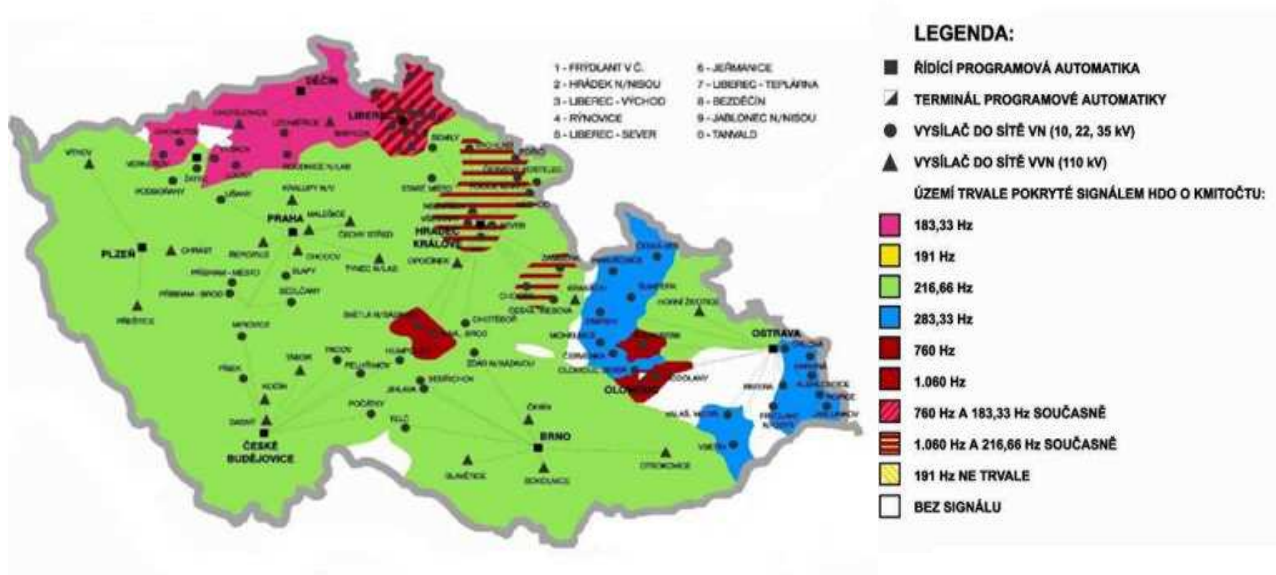
Obvykle se HDO vysílač připojuje na rozvod velmi vysokého napětí 110 kV nebo vysokého napětí a může pokrýt značně rozlehlé území. Toto nastavení je zvlášť důležité, standardní hromadné dálkové ovládací kódy energetiky se totiž vysílají na různých frekvencích dle oblasti, ve které jsou vysílány.

Lze konstatovat, že systém HDO je v ČR dobře zavedený, poměrně efektivně fungující systém řízení spotřeby, přesto je třeba poznamenat, že ani HDO nemá 100 % pokrytí, a tedy efektivitu.

Nejčastěji se na území České republiky používá frekvence 216,66 Hz, méně časté jsou frekvence 183,33 Hz, 283,33 Hz 760 Hz a 1060 Hz.

Energetika je však obecně velice citlivý a důležitý segment průmyslu a mírný odstup od nejnovějších trendů může napomoci pozdější kvalitní a bezpečné implementaci chytrých systémů. Z pohledu chytrých sítí je paradoxně tento dobře fungující systém do budoucna možnou přítěží či blokujícím argumentem pro přechod na nové technologie, které v současné době vstupují do energetického průmyslu.

POKRYTÍ ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY SIGNÁLEM HDO

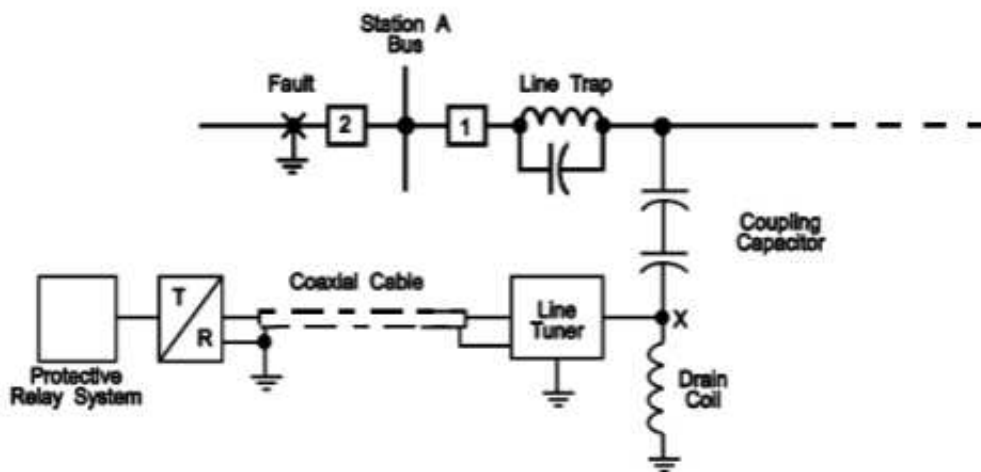


Obrázek 9. Pokrytí signálem HDO v ČR

Volba ovládacího kmitočtu pro konkrétní ovládanou oblast energetické sítě je teoreticky závislá i na mnoha dalších silnoproudých parametrech, a také na definovaných provozních požadavcích. Tyto kmitočty pro každou oblast jsou uvedeny na obrázku 9, a také jsou to např. rozlehlost ovládané sítě, napěťová úroveň energetické sítě (vn, nn), ve které se signál HDO zavádí.

Přesto se dá obecně charakterizovat přístup k volbě ovládacího kmitočtu pro typické ovládané oblasti zjednodušeně jako nízké, střední a vyšší frekvenční pásmo. Na obrázku 10 můžeme vidět schéma pro směřování signálu HDO.

Princip směřování signálu HDO pomocí signálových pastí:



Obrázek 10. Schéma směřování signálu HDO

Nízké a střední frekvence používaného pásma

(110 – 485 Hz) jsou vhodné pro centralizovanou výstavbu s napájením do napěťových úrovní 220 kV, 110 kV resp. 35 kV či 22 kV s několikanásobnou transformací napětí a pro relativně rozlehlé sítě. Je však třeba počítat se značnými ztrátami signálu na induktivních zátěžích.

Vyšší frekvence používaného pásma

(600 – 2000 Hz) jsou vhodné pro decentralizovanou výstavbu HDO až na nejnižší napěťové úrovně 10 kV či 0,4 kV a malou rozlehlost ovládané oblasti s jednou nebo žádnou transformací. Přitom potřebné vazební členy i kompenzační doplňky jsou relativně levné. Konkrétní ovládací kmitočty a doporučené velikosti ovládacích napětí (v % vůči síťové napájecí úrovni) jsou pro jednotlivé země určeny normou.

Poruchy přenosu elektrické energie

Poruchy, které působí nepříznivě na přenos elektrické energie v síti, působí také nepříznivě na přenos signálu HDO. Mezi tyto poruchy patří především přerušení dodávky elektrické energie spotřebiteli z jakéhokoliv důvodu. Tím je vlastně porušen i systém HDO, je přerušena jeho přenosová cesta. V případě, že není dodávána elektrická energie, je ovšem nečinnost systému HDO nepodstatná, protože není co řídit a regulovat. Tyto poruchy v síti se do poruch systému HDO nezapočítávají.

Po obnovení dodávky elektrické energie by měl dispečer vyslat znova poslední telegram HDO a tím se uvedou přijímače do příslušného stavu. Další skupina poruch je pro systém HDO důležitější. Jsou to poruchy v síti, ale po uvedení sítě do původního stavu porucha systému HDO trvá. Hlavní příčinou těchto poruch je přepětí, které způsobí poruchu některé části systému HDO. Nejčastěji jde v těchto případech o poruchu přijímače, respektive jeho vstupních obvodů. Po uvedení sítě do normálního provozu porucha přijímače (častěji však celé skupiny přijímačů) trvá.

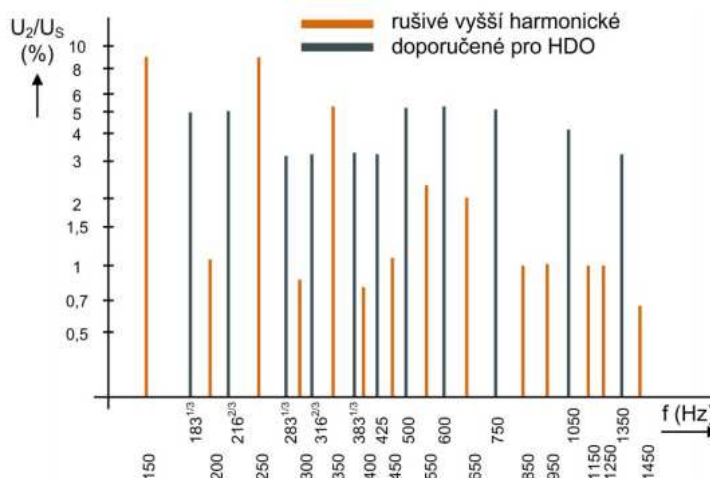
Rušivé vlivy při normálním provozu sítě

Těmito rušivými vlivy dochází k zeslabení signálu HDO nebo k jeho velkému nárůstu nad hodnotu 5 % napětí sítě, případně k deformaci vysílaného telegramu. Zesílení nebo zeslabení signálu HDO je způsobeno rezoncemi v síti, jak již bylo uvedeno. Zeslabení signálu vzniká hlavně v kondenzátorech, které mají pro vyšší frekvence malou reaktanci. Proto se v některých případech musí kondenzátory, které v síti slouží pro kompenzaci účinku, hradit tzv. Hradícími členy.

Hradící členy (zádrže) eliminují vliv kondenzátorů pro ovládací frekvenci. Jako hradící člen se používá tlumivka nebo LC obvod. Dalším rušivým vlivem je výskyt harmonických vyšších řádů napětí a proudu v síti. Vlivem připojení nelineárních spotřebičů na síť se generují do sítě harmonické vyšších řádů. Harmonické vyšších řádů napětí a proudu zvláště při frekvenci blízké frekvenci ovládací mohou způsobit zahlcení přijímačů HDO, které pak nereagují na vysílaný telegram. Tím dochází k nesprávné funkci HDO.

V extrémním případě může příslušná harmonická způsobit falešnou činnost přijímače HDO v době mezi vysíláním telegramů. Tyto případy jsou však zcela výjimečné. Poruchy systému HDO při normálním provozu sítě většinou nemají za následek trvalé poškození systému. Po odstranění příčiny rušivých vlivů (např. eliminace zdroje harmonických) může systém pracovat bezporuchově dále.

Pro síť s nominální frekvencí 50 Hz ukazuje obrázek 11 často se vyskytující harmonické a na základě toho doporučené ovládací kmitočty HDO. Na svislé ose je znázorněna amplituda harmonických a ovládacích kmitočtů v procentech, daných poměrem signálu (U_2) vzhledem k amplitudě síťové frekvence 50 Hz (U_s).



Obrázek 11. Rušivé harmonické vyšších řádů působící na HDO

Další prostředky omezující rušivé vlivy

Pro omezení vlivu rušivých signálů v okolí ovládacího kmitočtu můžeme provádět určité zásahy nebo opatření v ovládané síti. Některé z nich jsou:

- Vyloučení třetí harmonické a všech jejích násobků dosáhneme zapojením vn strany napájecího transformátoru do trojúhelníka. Proto tomuto uspořádání budeme dávat přednost.
- Kompenzační kondenzátory odsávají harmonické vyšších řádů z celé okolní sítě. Pokud jsou zablokovány pouze pro určitou vyšší frekvenci paralelním rezonančním okruhem, pak nám pomáhají odstranit ze sítě alespoň nejmarkantněji vyjádřené harmonické (mezi 5 a 7 harmonickou).
- Dalším velmi účinným prostředkem v době mimo vysílání je použití vazebního členu vysílače jako členu sacího. Tímto způsobem velmi účinně zabráníme jakýmkoli přeslechům z nadřazené sítě a zároveň v napětíové úrovni vysílání odsáváme rušivá napětí v těsné blízkosti signální frekvence.
- U zdrojů rušivých proudů a napětí, kde se nepodaří potlačit harmonické vyšších řádů na potřebné minimum, je nutné zdroj zablokovat tlumivkou a ke zdroji eventuálně ještě připojit paralelní kondenzátor pro svod harmonických vyšších řádů.

3. Měření elektrické energie

Elektrické měření představuje poznávací proces, jehož prvořadým cílem je zjištění výskytu a velikosti měřené veličiny. Pro získání elektrických veličiny se používá analogových přístrojů a také digitálních, které jsou schopny měřit podle přesnosti která udávají konstrukce měřicích přístrojů. Přesnost měření je dána citlivostí a přesností vlastního čidla (senzoru), případně A/D převodníku, jehož výstup se na displeji prostě zobrazí, a to v zásadě na libovolný počet míst. Některé měřicí přístroje mohou výsledky měření dlouhodobě zaznamenávat, a to buď analogovým zápisem na papír (barograf na měření tlaku, tachograf v automobilu, heliograf v meteorologii), anebo pravidelným ukládáním digitálních hodnot do počítače.

Na měření elektrické energie se používají hlavně elektroměry, které měří množství energie spotřebované v rámci daného odběrného místa. Bez elektroměru, který je majetkem distributora elektrické energie, se neobejde žádný objekt, který je připojen k elektrické síti. Nicméně samotný zákazník často nemá ani představu o vlastnostech jemu nainstalovaného měřicího zařízení. Taková neznalost se může stát problematickou například v případě, kdy je odběratel požádán při změně distribuční sazby o samoodečet měřicího zařízení.

Klasifikace elektroměrů podle:

- Typu připojení.

- Typu konstrukce.
- Druhu měřených hodnot.

Elektronické elektroměry fungují na základě přímého měření proudu a napětí, data jsou ukládány do paměti čítače a zobrazeny v digitální podobě na jeho displeji. Tento druh elektroměrů má mnoho výhod, mezi které patří kompaktní rozměry a možnost mnohotarifního účtování (vícesazbové účtování je dosaženo prostřednictvím řady počítačích mechanismů, z nichž každý funguje pouze v rámci stanovených časových intervalů, které odpovídají jednotlivým tarifům).

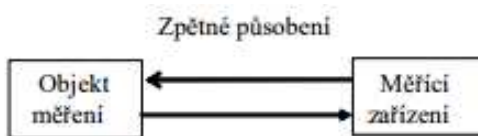
Navíc, elektronické elektroměry umožňují snadný přechod do vyšší třídy přesnosti prostřednictvím použití speciálních čipů a snadné čtení údajů pomocí digitálního ukazatele. Vedle toho takové přístroje vykazují zvýšenou odolnost proti pokusům o krádež elektřiny. Hlavní nevýhodou elektronických měřidel je pak jejich vyšší cena.

Podle konstrukce může být elektroměr indukční (elektromechanický) anebo elektronický. Indukčním se nazývá přístroj s dvěma cívkami: cívkou proudu a cívkou napětí. Magnetické pole cívek způsobí otáčení disku, který pohání mechanismus účtování spotřeby energie. Čím vyšší jsou napětí a proud, tím rychleji se disk otáčí, a tím rychleji narůstá i hodnota na elektroměru. Indukční měřicí zařízení byla téměř vytěsněna z trhu elektronickými elektroměry z důvodu jejich některých nedostatků: nemožnosti dálkového odečtu, jednotarifního měření, účetních chyb, špatné ochrany proti krádeži elektřiny, stejně jako nízké funkčnosti, obtíží při instalaci a v provozu. S indukčními elektroměry je také velmi obtížné zajistit vyšší třídu přesnosti, nicméně jejich životnost dosahovala více než 15 let.

Elektrické měření obsahuje

- Objekt měření – zjišťujeme jednu nebo více veličin.
- Metoda měření – v souladu s odpovídajícím fyzikálním zákonem.
- Měřicí zařízení – zjištění hodnoty měření veličiny.

Měření objektu je reprezentována na obrázku 12:



Obrázek 12. Měření objektu

Rozdělení elektrického měření podle účelu

- Laboratorní měření – hledají a ověřují se fyzikální vlastností a jevy.
- Technické měření – hodnocení, zkoušení, prověřování různých elektrických zařízení.
- Provozní měření – průběžně se sleduje, popř. řídí výrobní proces.


a. Měření s ručkovými měřicími přístroji:


- Výchylka ručky se odečítá při pohledu kolmo na přístroj.
- Výchylka by měla být, pokud možno ve třetí třetině rozsahu přístroje (zajistíme změnou rozsahu měřícího přístroje).
- Zjistí se celkový počet dílků na stupnici αc a rozsah přístroje r .
- Na stupnici MP se odečte výchylka α , odpovídající hodnotě změřené veličiny.
- Vypočte se konstanta k přístroje $k = r / \alpha c$.
- Hodnota měřené veličiny, např. při měření napětí U , se určí $U = k \cdot \alpha$.
- Provozní poloha měřícího přístroje je výrobcem předepsaná poloha, ve které je zaručená třída přesnosti.
- Příklady značek, vyskytujících se na ručkových měřicích přístrojích (MP).

Pro měření střídavých harmonických elektrických veličin je nutné střídavou harmonickou veličinu nejdříve usměrnit. Proto používáme magnetoelektrické MP s usměrňovačem nebo s termočlánekem. Stupnice těchto přístrojů je cejkovaná v efektivních hodnotách.

Značky:

 magnetoelektrický přístroj

 magnetoelektrický přístroj
s usměrňovačem

 magnetoelektrický přístroj
s termočlánekem

Příklady značek, vyskytujících se na ručkových měřicích přístrojích:

— MP pro měření stejnosměrného proudu

~ MP pro měření střídavého proudu

~ MP pro měření stejnosměrného (DC) a střídavého (AC) proudu

1,5 ; 0,5; 0,2 třídy přesnosti MP v %

⊥ MP je určen pro svislou polohu

⌐ MP je určen pro vodorovnou polohu

∠60° MP je určen pro šikmou polohu 60° k vodorovné rovině

⊥ značka uzemňovací svorky



Značka „2 ve hvězdě“ znamená zkušební napětí je 2 kV; „hvězda bez čísla“ znamená zkušební napětí je 500 V; „hvězda s 0“ znamená, že se zkušební napětí nezměnilo.

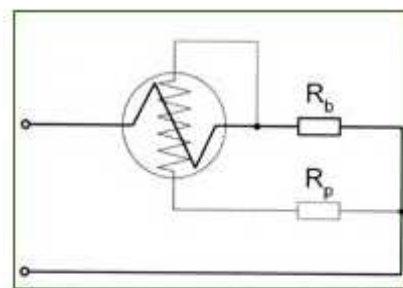
b. Elektromagnetické měřicí přístroje:

Elektromagnetické přístroje jsou vhodné pro měření střídavého i stejnosměrného proudu a napětí. V průmyslu se používají jako montážní ampérmetry a voltmetry nebo jako rozváděčové měřicí přístroje. U původního konstrukčního uspořádání bylo do dutiny válcové cívky vtahováno feromagnetické jádro zavěšené na pružině, která vyvolávala řídící (direktivní) sílu. To silně připomíná princip elektromagnetu, proto se tyto přístroje někdy označují jako elektromagnetické.

- Jsou jednoduché, levné, odolné, mají velkou přetížitelnost, protože proud se přivádí pouze do pevné cívky, která je dobře chlazená, proto to jsou nejpoužívanější přístroje pro měření střídavých veličin.
- Mají vyšší spotřebu a nižší přesnost než magnetoelektrické (běžně 0,5 až 1), laboratorní feromagnetické přístroje lze však vyrobit i jako velmi přesné s třídou přesnosti 0,1 až 0,2.
- Používají se téměř výhradně pro měření střídavých veličin (měření stejnosměrných veličin je možné, ale přístroje mají nižší přesnost – proto je vhodnější použít magnetoelektrické přístroje).
- Běžně se vyrábějí pro proudy 0,1 až 100 A, napětí do 600 V.
- Feromagnetické přístroje měří efektivní hodnotu proudu a napětí.
- Používají se pro kmitočty do několika set Hz.

c. Elektrodynamické měřicí přístroje:

Princip funkce elektrodynamických přístrojů je podobný přístrojům magnetoelektrickým. Elektrodynamický přístroj má také otočnou cívku s pružinami pro vyvozování direktivního momentu, které zároveň slouží jako přívod proudu do této cívky. Pohybový moment i u těchto přístrojů vzniká silami působícími v magnetickém poli na vodiče otočné cívky. Rozdíl mezi magnetoelektrickým a elektrodynamickým ústrojím je v tom, že otočná cívka se nenalézá v poli permanentního magnetu, ale v magnetickém poli vybuzeném pevnou cívkou. Na obrázku 13 můžeme vidět schéma zapojení měřicí přístroj a vnitřní cívky.



Obrázek 13. Zapojení cívek elektrodynamického ampérmetru

U elektrodynamických ampérmetrů pro větší proudy (asi od 0,5A) nemůže již celý proud protékat pohyblivou cívkou, a proto se používá paralelního spojení cívek, kdy se do série s pevnou cívkou zařadí bočník R_b a do série s pohyblivou předřadí R_p , který omezí proud touto cívkou. Elektrodynamické voltmetry a ampérmetry se dříve vyráběly jako přesné laboratorní přístroje třídy přesnosti 0,1 až 0,2 a používaly se pro přesná měření a ověřování jiných měřicích přístrojů s nižší třídou přesnosti. V současné době se již téměř nevyrábějí, protože jsou konstrukčně velmi náročné a drahé, proto se nahrazují feromagnetickými přístroji.

- Elektrodynamické přístroje se dnes používají výhradně jako wattmetry, tedy pro měření výkonu stejnosměrného proudu činného a jalového výkonu střídavého proudu technických kmitočtů do max. 1000 Hz.

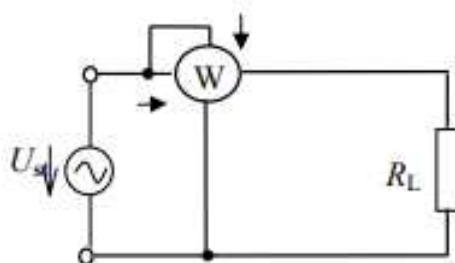
- Vlastní spotřeba je poměrně velká, spotřeba proudového obvodu bývá nejvýše několik VA, napěťový obvod má spotřebu až třikrát vyšší (do 10 VA).
- Přetížitelnost proudových cívek je vysoká (krátkodobě snesou až 10 N), napěťová cívka snese max. 120 % jmenovité hodnoty rozsahu.

Ostatní měřicí přístroje

- **Číslicové:** pracují na tom principu, že si měřenou veličinu převedou na analogový napěťový signál, ten digitalizují a pak ho dál zpracovávají. Zobrazení může být jak na digitální zobrazovací jednotce (displeje), tak na analogové. Výhodami jsou vyšší přesnost měření ve srovnání s elektromechanickými měřicími přístroji, odpadá chyba nepřesným odečítáním, vyšší mechanická odolnost, možnost připojení přímo na PC.
- **Osciloskop:** je přístroj, určený k zobrazení časových průběhů prakticky všech druhů signálů (stejnoseměrné i střídavé periodické průběhy). Pomocí osciloskopu lze zjistit maximální hodnotu (amplitudu) nebo mezi vrcholovou hodnotu (rozkmit) signálu. Obvod časové základny osciloskopu zajišťuje pohyb měřeného signálu na obrazovce.
- **Virtuální měřicí přístroje (VMP) - (PC + převodník):** podstatou VMP je doplnění PC zásuvnou multifunkční kartou (zásuvnou měřicí deskou) a vytvoření vhodného programu pro PC, který realizuje všechny činnosti měřicího přístroje. Významnou roli zde hraje tzv. vývojové prostředí umožňující pohodlné a poměrně snadné vytváření vlastního software. Známá jsou např. vývojová prostředí Lab Windows, Lab View apod. Výhodnými vlastnostmi VMP jsou nižší ceny, možnosti změn vlastností MP změnou programu, flexibilita přístroje pro různá měření.

Přímá metoda měření

Měřicí metoda, při které se hodnota měřené veličiny získá přímo bez potřeby dodatečného výpočtu, založená na funkčním vztahu mezi měřenou veličinou a ostatními veličinami vlastního měření. Určení zdánlivého výkonu podle přímé metody: Pro měření jednofázového činného výkonu spotřebiče napájeného ze střídavého zdroje napětí použijeme wattmetr. Schéma zapojení je uvedeno na obrázku 14. Wattmetry jsou přístroje, které mají 2 měřicí obvody. Proudový měřicí obvod (proudová cívka) je zapojen jako ampérmetr a napěťový měřicí obvod (napěťová cívka) jako voltmetr.



Obrázek 14. Přímé měření výkonu pomocí wattmetru

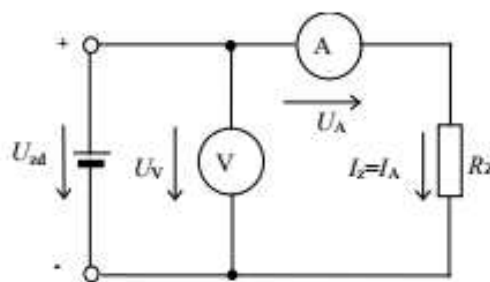
Pro měření činného výkonu v 3-fázových obvodech se používají tyto způsoby zapojení:

- Zapojení s jedním 1-fázovým W-metrem (souměrná zátěž) $P = 3 \cdot PW$.
- Zapojení s jedním 3-fázovým W-metrem.

Nepřímá metoda měření

Nepřímá měřicí metoda, při které se hodnota veličiny získá z měření provedených přímými měřicími metodami jiných veličin vázaných s měřenou veličinou na základě známého vztahu. Napětí se změří voltmetrem a proud, protékající obvodem ampérmetrem (schéma zapojení na obrázku 15). Elektrický výkon stejnosměrného proudu ve spotřebiči se stanoví součinem napětí U_V na spotřebiči a procházejícím proudem I_Z .

Tuto metodu lze použít i ve střídavém obvodu, pokud víme, že $\cos \phi = 1$. (tzn. v el. obvodu je zapojen pouze odporový bezindukční spotřebič). Měření zdánlivého výkonu ve střídavých obvodech Pro měření zdánlivého výkonu se používá nepřímá metoda. Zdánlivý výkon zjistíme z naměřených hodnot proudu a napětí, platí vztah $S = U \cdot I$.



Obrázek 15. Nepřímé měření výkonu pomocí přístrojů

Chyby při měření

Výsledek každého měření se poněkud liší od skutečné hodnoty. Rozdíl mezi naměřenou hodnotou **M** a skutečnou hodnotou **S** se nazývá chyba měření. Při měření existují mnohem rušivých vlivů, které ovlivňují přesnosti měření, jako jsou např. atmosférické podmínky, citlivost měřicích přístrojů a nedokonalost pracovníka. Čím menší je chyba, tím přesnější bude výsledná měření. V praxi se rozlišují dvě chyby, a to absolutní a poměrná (relativní) chyba měření.

Absolutní chyba (Δ): je rozdíl mezi naměřenou hodnotou (**M**) a skutečnou hodnotou (**S**) měřené veličiny:

$$\Delta = M - S$$

Protože skutečnou hodnotu nelze z fyzikálních důvodů nikdy absolutně zjistit, nahrazuje se srovnávací hodnotou, což je tzv. konvenčně pravá hodnota. Tuto lze zjistit podstatně přesnějším měřením, teoretickým výpočtem nebo aritmetickým průměrem z většího počtu měření. Absolutní chyba se používá při vyhodnocení výsledku měření. Sama však přesnost měření dobře nevyjadřuje, a proto se v praxi spíše užívá poměrná (relativní) chyba měření.

Poměrná (relativní) chyba (δ):

$$\delta = \Delta / N \cdot 100 \text{ nebo } \delta = \Delta / S \cdot 100$$

Podle způsobu výskytu rozeznáváme chyby soustavné (systematické) a chyby nahodilé. Měří-li stejný pozorovatel za stejných podmínek, projevují se soustavné chyby při opakovaném měření stále stejně.

Soustavné chyby mají stále stejné znaménko a někdy můžeme určit více nebo méně přesně i jejich velikost. Naproti tomu chyby nahodilé se vyskytují zcela náhodně s neznámou zákonitostí a obvykle jsou i neznámého původu. Opakuje-li tedy stejný pozorovatel měření za stejných podmínek, jsou výsledky jednotlivých měření odlišné právě v důsledku různých nahodilých chyb.

Podle příčiny vzniku rozeznáváme chyby metody, chyby měřicích přístrojů a ostatní chyby, kam počítáme např. chyby způsobené rušivými vlivy nebo chyby čtení.

- **Chyby metody:** jejich příčinou jsou různá zjednodušení vztahu pro výpočet měřené veličiny, zjednodušení zapojení, vliv spotřeby měřicího přístroje na jeho údaj atd. Tyto chyby je obvykle možno vypočítat i výsledek měření podle nich korigovat. Blíže se s nimi seznámíme např. při měření výkonu, kde jim říkáme korekce výkonu.
- **Chyby přístrojů:** jsou způsobené vlastnostmi (nedokonalosti) měřicích přístrojů. Chyba měřicího přístroje je dovolenou chybou měřicího přístroje, která je dána jeho třídou přesnosti. Výpočet těchto chyb se provádí zejména při přesných laboratorních měřeních.
- **Systematické chyby:** chyby, které se při určitém způsobu měření vyskytují pravidelně. Jsou způsobeny použitou měřicí metodou, vlastnostmi použitých měřicích přístrojů, pozorovatelem atp. Charakteristickým rysem systematických chyb je to, že se do jisté míry stále opakují a zkreslují tak výsledek bez ohledu na počet provedených měření. Dalším znakem systematických chyb je to, že známe jejich znaménka a většinou i přibližnou hodnotu, takže obvykle můžeme provést opravu výsledku.
- **Náhodilé chyby:** jsou chyby, které se vyskytují zcela nepravidelně. Jejich výskyt je náhodný. Zjistit je můžeme až při opakovaném měření. Opakujeme-li několikrát měření za stejných podmínek, se stejným přístrojem a se stejným stupněm pečlivosti, zjistíme, že výsledky našich měření poněkud liší. Vliv nahodilých chyb na výsledek měření omezíme tím, že měření vícekrát zopakujeme a z naměřených hodnot stanovíme střední hodnotu (aritmetické průměr). Hodnota vypočteného aritmetického průměru se nejvíce přibližuje skutečné hodnotě měřené veličiny.

Třída přesnosti: udává kolik % z rozsahu měřicího přístroje je dovolená chyba. Pro práci s měřicími přístroji má třída přesnosti charakter chyby mezní (maximální, dovolenou) v celém měřicím rozsahu přístroje. Třídy přesnosti jsou dány normou a jsou vyjádřeny těmito hodnotami:
0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5 a 5 %.

$$\delta = \frac{|\Delta_m|}{X_R} 100 [\%]$$

Δ_m – maximální chyba přístroje

X_R – největší hodnota měřicího rozsahu

Měření elektroměrů

Elektroměr je elektrický měřicí přístroj, který měří množství odebrané elektrické energie. Obvykle bývá instalován distributorem elektrické energie u jeho odběratelů a na jeho základě probíhá stanovení a vyúčtování spotřebované elektrické energie. Na obrázku 16 je uvedeno 1f elektroměr, a druhy typy jako 3f elektroměr (uvedeno na obrázku 18) a 3f elektronický elektroměr (ukázka na obrázku 19).

Aby distributoři elektrické energie zohlednili odebírání elektrické energie v době, kdy je v síti její přebytek (tj. převážně v noci) nebo naopak v době energetických špiček, účtují pro tato období různé sazby (tj. ceny za jednu kWh). Existuje několik typů měřičů v závislosti na konstrukci, typu měřicí energie, třídě přesnosti a připojení k elektrické síti.

- **Statický elektroměr:** jsou přístroje odpovídající současnému stavu elektroniky a trendu měřicí techniky. S ohledem na své vlastnosti se nejdříve začaly používat především u odběrů vyžadujících velkou přesnost měření, tj. u odběrů realizovaných z úrovně vysokého a velmi vysokého napětí při nepřímém měření (přes transformátory).
- **Elektronický impulzní elektroměr:** tyto přístroje mají mnoho funkcí, například měření maximální spotřeby, vícesazbové měření, ukládání časového odběrového diagramu do paměti, komunikaci s počítačem či datovou komunikaci po rozvodné síti. Základem technického řešení je mikroprocesor, který zastává všechny hlavní funkce. Konstanta elektroměru se udává v impulzech na 1 kWh.
- **Mechanický indukční elektroměr:** měření elektrické energie indukčním elektroměrem je indikováno otáčením hliníkového kotouče. Měřicí systém je uložen v pouzdru s průhledem v krytu na štítek elektroměru (ukázka na obrázku 17). Odebraná elektrická energie je zaznamenávána prostřednictvím dvou oddělených počítadel podle aktivovaného tarifu v jednotkách elektrické práce [kWh]. Přepínání vysokého (VT) a nízkého (NT) tarifu je řízeno buď pomocí dálkového ovládání přijímačem HDO, nebo pomocí lokálního ovládání z časového spínače.



Obrázek 16. Jednofázového elektroměr NT



Obrázek 17. Jednofázový mechanický indukční elektroměr



Obrázek 18. Třífázového elektroměr VT



Obrázek 19. Třífázový elektronicky elektroměr

Čtyřkvadrantní elektroměr

Elektroměry řady LZQJ a DHZQ jsou součástí široké nabídky elektroměrů SCHRACK, jejichž konstrukce je založená na využití nejnovějších poznatků z měřicí a mikroprocesorové techniky (ukázka čtyřkvadrantní elektroměr na obrázku 20).

Tyto elektroměry jsou určené pro přímé a nepřímé měření činné a jalové energie splňující s velkou rezervou požadavky normy ČSN EN 62053-21 pro činnou energii a normy ČSN EN 62053-23 pro jalovou energii (ukázka kvadrantní elektroměry na obrázku 21). Elektroměry DHZQ poskytují optimální řešení pro průmyslové a komerční měřicí aplikace při zachování optimálního poměru cena/výkon při splnění požadavků norem ČSN EN pro elektroměry třídy 1 pro činnou energii a třídy 2 pro jalovou energii. Elektroměry LZQJ sdružují úkoly měření energie, měření okamžitých veličin (napětí, proudy, frekvence, účinníky), registraci tarifních registrů, zaznamenávání profilů zátěže a monitorování maximálního výkonu do jednoho kompaktního celku a splňují požadavky norem ČSN EN pro elektroměry třídy až 0,5 pro činnou energii a třídy 1 pro jalovou energii.

Elektroměr obsahuje hodiny reálného času s možností volby funkce zimní/letní čas, které jsou synchronizovány frekvencí sítě nebo v případě extrémních požadavků i pomocí radiových hodin DCF77 přes externí synchronizační vstup (na obrázku 22 je uvedeno ukazujícího display elektroměru). Měření je uskutečňováno pomocí měřicího systému, který umožňuje v měřicím rozsahu elektroměru měření i za přítomnosti stejnosměrné a harmonických složek v měřených střídavých proudech při zachování maximální přesnosti. Parametrizace měřicího systému se uskutečňuje programově, elektroměr neobsahuje žádné mechanické nastavovací prvky.

Elektroměr DB4, DC4: čtyřkvadrantní elektroměr DB4, DC4 slouží pro měření energie a výkonu až ve čtyřech kvadrantech (činná – odběr /dodávka, jalová – induktivní /kapacitní). Obsahuje vnitřní zálohované hodiny, které tvoří měřicí periodu a řídí tarifní spínání. V paměti elektroměru se ukládají stavy celkové spotřeby, spotřeby v jednotlivých tarifech, výkonová maxima v tarifech a stavy všech registrů při posledních 3 odečtech.

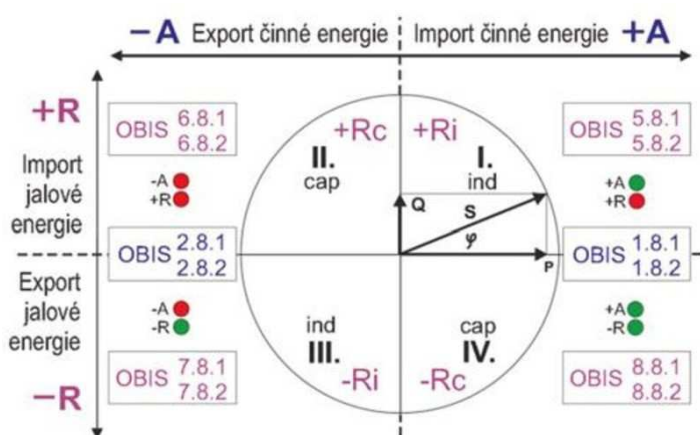


**Obrázek 20. 3f čtyřkvadrantový elektroměr 3×230/400 V
přímý do 100 A**

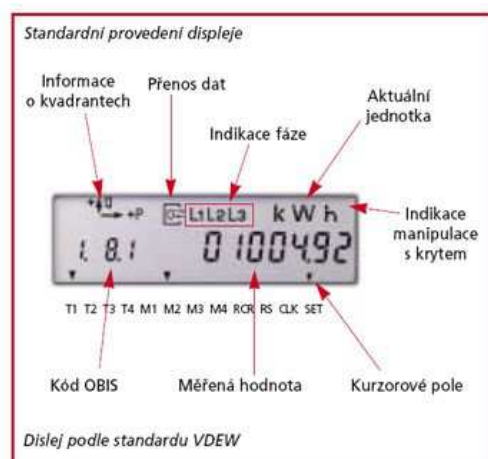
Příklad:

Dodávka / Odběr VT(NT), dvojčíslí posledních odečtových období za adresou 1.6.1 až 8.8.0:

- 2.8.0 1.8.2(3) stav počítadla celkové činné dodávky (odběru VT (NT)) k aktuálnímu dni v měsíci (např. 2. září).
- 2.8.0.01 1.8.2(3).01 stav počítadla posledního odečtového období (např. srpen).
- 2.8.0.00 1.8.2(3).00 stav počítadla minulého odečtového období (např. červenec).
- 2.8.0.99 1.8.2(3).99 stav počítadla předminulého odečtového období (např. červen).



Obrázek 21. Kvadranty elektroměru



Obrázek 22. Display čtyřkvadrantní elektroměr

Typy měření elektroměrů

K měření elektřiny a vyhodnocení údajů se využívají tyto typy měření:

Měření typu A – průběhové měření s denním dálkovým přenosem údajů, průběžný záznam střední hodnoty výkonu za měřicí interval provádí přímo měřicí zařízení. Pokud není možné uskutečnit dálkový přenos údajů z technických důvodů, je možné přenos údajů provést jiným způsobem.

Tímto stanoveným typem měření musí být mj. měřena v:

- Odběrných místech s odběrem elektřiny z distribuční soustavy s napětím vyšším než 52 kV.
- Odběrných místech s odběrem elektřiny z distribuční soustavy s napětím od 1 kV do 52 kV včetně a s rezervovaným příkonem nad 250 kW.
- Předávacích místech výroben elektřiny s napětím vyšším než 1 kV přímo připojených k distribuční soustavě.

Vyhodnocení měření typu A:

- Základní měřicí interval je 1 čtvrt hodina; u první čtvrt hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 00:15:00.
- Základní vyhodnocovací interval je 1 hodina; u první hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 01:00:00 kalendářního dne.
- Základní interval pro zpracování a přenos naměřených údajů v rámci měřicího zařízení je 1 kalendářní den.

Měření typu B – průběhové měření s jiným než denním dálkovým přenosem údajů, průběžný záznam střední hodnoty výkonu za měřicí interval provádí přímo měřicí zařízení; pokud není možné uskutečnit dálkový přenos údajů z technických důvodů, je možné přenos údajů provést jiným způsobem.

Tímto stanoveným typem měření musí být mj. měřena v:

- Výrobnách elektřiny nebo u každého výrobního zdroje elektřiny výrobní elektřiny připojené k distribuční soustavě prostřednictvím jiné výrobní elektřiny.
- Odběrných místech s odběrem elektřiny z distribuční soustavy s napětím od 1 kV do 52 kV včetně a s rezervovaným příkonem do 250 kW včetně.
- Odběrných místech s odběrem elektřiny z distribuční soustavy s napětím do 1 kV s nepřímým měřením.
- Předávacích místech výroben elektřiny s napětím do 1 kV přímo připojených k distribuční soustavě.

Vyhodnocení měření typu B:

- Základní měřicí interval je 1 čtvrt hodina; u první čtvrt hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 00:15:00.
- Základní vyhodnocovací interval je 1 hodina; u první hodiny je začátek stanoven na čas 00:00:00 a konec na čas 01:00:00 kalendářního dne.
- Základní interval pro zpracování a přenos naměřených údajů v rámci měřicího zařízení je 1 měsíc.

Měření typu C – Ostatní měření.

Tímto stanoveným typem měření musí být mj. měřena v:

- Odběrných místech s odběrem elektřiny z distribuční soustavy, která nejsou měřena v měření typu A nebo typu B.
- Odběrných místech s odběrem elektřiny z distribuční soustavy a předávacích místech výrobců elektřiny připojených k distribuční soustavě nebo do odběrného místa nebo do předávacího místa jiné výroby elektřiny, kde není technicky a ekonomicky možné instalovat měření typu A nebo B.

Vyhodnocení měření typu C:




- Zpracování a přenos údajů je prováděno nejméně jedenkrát za rok.

Třída přesností elektroměru

Číselné označení velikosti dovolené chyby údaje elektroměru, a vyjádřené v procentech měřené hodnoty, např. od 10 % až do maximální hodnoty při $\cos\varphi = 1$ je dovolená chyba ± 2 %.

Druh elektroměru

Co se týče typu připojení, všechny elektroměry jsou rozděleny na zařízení s přímým připojením k elektrickému obvodu a zařízení, která jsou připojena k obvodu pomocí speciálních přístrojových transformátorů. Nepřímé připojení se používá v případě vyššího napětí i proudu, kdy měření vysokých příkonů je zprostředkováno transformátorem. Každý elektroměr je označován podle typu soustavy, kterou obsahují. Značky charakterizují, jakou metodou měření používají, v případě že máme 1f, 2f nebo 3f obvod (ukázka druhů elektroměrů a jejich značek v tabulka 1).

Pořadové číslo	Značka	Druh elektroměru
1		značí elektroměr s jednou hnací soustavou, která má jedno proudové vinutí a jedno napěťové vinutí (pro jednofázové dvou vodičové obvody)
2		značí elektroměr se dvěma hnacími soustavami, z nichž každá má napěťové vinutí a proudové vinutí, přičemž obě soustavy jsou zapojeny podle metody dvou wattmetrů (pro trojfázové trojvodičové obvody)
3		značí elektroměr se třemi hnacími soustavami, z nichž každá má napěťové vinutí a proudové vinutí, přičemž soustavy jsou zapojeny podle metody tří wattmetrů (pro trojfázové čtyřvodičové obvody)

Tabulka 1 – Druh elektroměru a jejich značek

Největší dovolené chyby elektroměrů

Největší dovolené chyby pro schvalování typu uvedené dále platí pouze pro činné elektromechanické elektroměry třídy přesnosti 0,5 (tyto elektroměry nejsou pokryty působností nařízení vlády, neboť nejsou určeny pro použití v obytných a obchodních prostorách a v lehkém průmyslu). Relativní chyby elektroměrů nesmí při referenčních podmínkách překročit největší dovolené chyby vyjádřené jako meze relativní chyby uvedené v tabulkách 2 a 3.

Tabulka 2 – Největší dovolené chyby pro jednofázové a třífázové elektroměry třídy přesnosti 0,5 se symetrickým zatížením

Hodnota proudu		Účinník	Meze relativní chyby v %
pro přímo připojené elektroměry	pro elektroměry připojené přes měřicí transformátory		
$0,05 I_b \leq I < 0,1 I_b$	$0,02 I_n \leq I < 0,05 I_n$	1	$\pm 1,0$
$0,1 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,05 I_n \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 0,5$
$0,1 I_b \leq I < 0,2 I_b$	$0,05 I_n \leq I < 0,1 I_n$	0,5 induktivní 0,8 kapacitní	$\pm 1,3$ $\pm 1,3$
$0,2 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,1 I_n \leq I \leq I_{max}$	0,5 induktivní 0,8 kapacitní	$\pm 0,8$ $\pm 0,8$

Pokud je elektroměr navržen pro měření energie v obou směrech, platí hodnoty uvedené v tabulkách 2 a 3 pro oba směry energie

Tabulka 3 – Největší dovolené chyby pro třířázové elektroměry třídy přesnosti 0,5 při zatížení jediné fáze, ale se symetrickým třířázovým napětím přivedeným na napěťové obvody

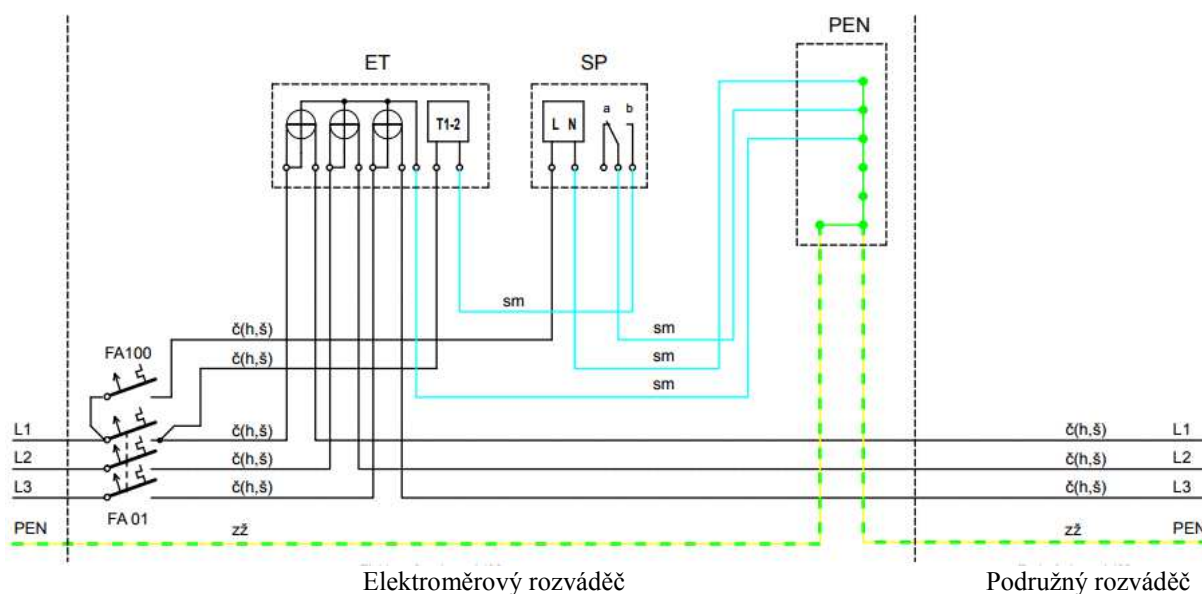
Hodnota proudu		Účinník	Meze relativní chyby v %
Pro přímo připojené elektroměry	Pro elektroměry připojené přes měřicí transformátory		
$0,2I_b \leq I < I_b$	$0,2I_n \leq I < I_n$	1	$\pm 1,5$
$0,5 I_b$	$0,5 I_n$	0,5 induktivní	$\pm 1,5$
I_b	I_n	0,5 induktivní	$\pm 1,5$
$0,2I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,2I_n \leq I \leq I_{max}$	1	-

Největší dovolené chyby pro schvalování typu uvedené dále platí pouze pro činné statické elektroměry třídy přesnosti 0,2 S a 0,5 S (tyto elektroměry nejsou pokryty působností nařízení vlády, neboť nejsou určeny pro použití v obytných a obchodních prostorách a v lehkém průmyslu). Relativní chyby elektroměrů nesmí při referenčních podmínkách překročit největší dovolené chyby vyjádřené jako meze relativní chyby uvedené v tabulka 4.

Tabulka 4 – Největší dovolené chyby pro 1f a 3f elektroměry třídy přesnosti 0,2 S a 0,5 S se symetrickým zatížením

Hodnota proudu	Účinník	Meze relativní chyby v % u elektroměrů třídy přesnosti	
		0,2 S	0,5 S
$0,01I_n \leq I < 0,05I_n$	1	$\pm 0,4$	$\pm 1,0$
$0,05I_n \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
$0,02I_n \leq I < 0,1I_n$	0,5 induktivní 0,8 kapacitní	$\pm 0,5$ $\pm 0,5$	$\pm 1,0$ $\pm 1,0$
$0,1I_n \leq I \leq I_{max}$	0,5 induktivní 0,8 kapacitní	$\pm 0,3$ $\pm 0,3$	$\pm 0,6$ $\pm 0,6$

V odběrných místech s akumulčním ohřevem teplé užitkové vody (dále TUV) je v případě přímého zapojení elektroměrů přípustné realizovat skupinové ovládání až tří elektroměrů pomocí jednoho vícesystémového spínacího prvku. V odběrných místech s instalovaným elektrickým vytápěním musí být sazba a ovládání blokování spotřebičů u každé měřicí soupravy řízena zásadně samostatným spínacím prvkem. Jednotlivé přepínací systémy spínacího prvku pak samostatně ovládají tarifní zařízení příslušných elektroměrů a stykače příslušných blokováných spotřebičů bez použití dalších pomocných prvků. Blokování spotřebičů není u této sazby povinné. Pokud to zákazník vyžaduje, bude mu to umožněno. Příklad schéma zapojení třífázového dvoutarifního elektroměru s jednopovelovým spínacím prvkem soustava TN-C bez blokování spotřebičů je na obrázku 23.



Obrázek 23. Zapojení 3f dvoutarifního elektroměru

Legenda:

- ET elektroměr třífázový.
- FA01 jistič před elektroměrem.
- FA100 jistič obvodu spínacího prvku (2-6 A).
- PEN svorkovnice PEN.
- SP spínací prvek.

Barevné značení vodičů: č-černý (h-hnědý, š-šedý), zž-zelený/žlutý, sm-světlé modrý.

Praktická část

Praktická část obsahuje dvě laboratorní úlohy, kde bylo prováděno měření jak na elektroměrech, tak na přijímačích HDO.



4. Měření na elektroměru

V první laboratorní úloze se provádí měření na jednofázovém mechanickém indukčním elektroměru, který je napájen přes autotransformátor.

Parametry elektrického obvodu:

- Napájecí napětí 230 V (střídavě), regulace přes transformátor.
- Rozsah proudu (0,5 – 4) A, regulace pomocí paralelního zapojení odporů.
- Tři různé odpory (regulující vstupní energii elektroměru).

Použité přístroje:

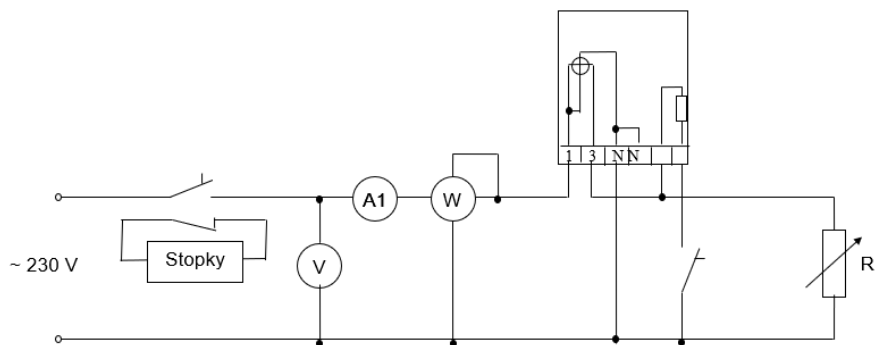
- Transformátor LTS 606 (250 V, 6 A).
- 2 x Voltmetr (voltcraft VC 265).
- Univerzální čítač (OM 601UQC).
- Spínací skříňka – Stykač SCAME (IP 55, IP 56).
- Wattmetr EL20 $\cos\varphi=1$, do 650 V, 300  ^{0,2} .
- Elektroměr ZPA PREŠOV (230 V, 10-40 A, 50 Hz, 375 r/KWh, 10 %).

Použité odpory k regulaci energie:

- 2x 105 Ω / 2,5 A.
- 250 Ω / 1,6 A.
- 105 Ω / 2,5 A.

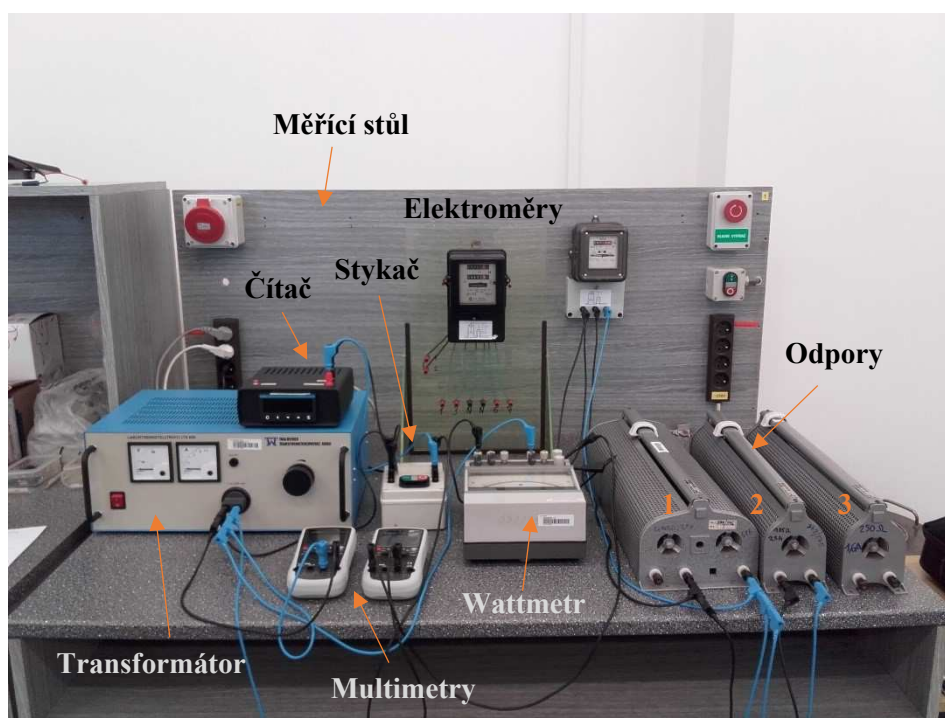
Schéma zapojení je uvedeno na obrázku 24 a praktické zapojení na obrázku 25, kde je označen každý prvek používaný na měření energie. Cílem měření je ověřit správnou funkci tohoto zařízení, a taky porovnat podle charakteristiky elektroměru, jak reaguje za různých velikostí energie.

Aby mohla být při konstantním napětí elektroměrem protékající energie regulována, musí se snížit nebo zvýšit velikosti odporů. Pomocí Ohmova zákona ($I = U/R$, $U = \text{konst.}$) je vyjádřena správná zátěž pro jednu požadovanou hodnotu energie. Zkouška se prováděla na dvou různých elektroměrech tak, aby bylo možné porovnávat funkce každého typu. Výslednou charakteristiku elektroměru můžeme vidět v grafu 1.

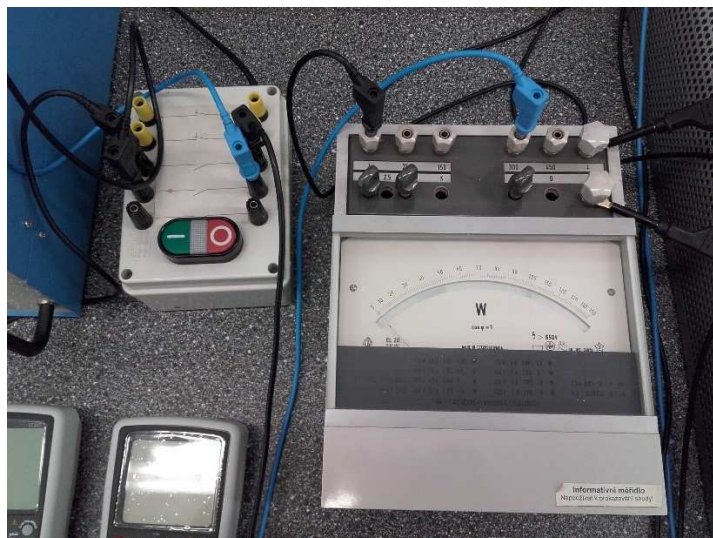


Obrázek 24. Schéma zapojení obvodu

Na kontrolu správné hodnoty energie se používají měřicí přístroje, které slouží na měření napětí, proudu a výkonu procházející obvodem. Pro napětí a proud byly použity dva digitální multimetry, a pro měření výkonu pomocí přímých metod, se používal tzv. analogový wattmetr (viz. obrázek 26).



Obrázek 25. Praktické zapojení obvodu



Obrázek 26. Analogový wattmetr, $\cos\varphi=1$

Výsledná charakteristika elektroměru



Graf 1

Vyhodnocení

Při měření odběru viz příloha „Laboratorní úloha č.1 (vypracovaná)“ byla vypracována charakteristika chyb jednofázového indukčního elektroměru, což odpovídá výsledné křivce. Z vypočítaných hodnot chyby měření reprezentované v grafu 1 je zřejmé, že čím menší je proud protékající odběrem, tím větší chyby obsahuje měření. Proto je výhodnější pro větší odběry, z hlediska chyby měření a také z hlediska dodavatele elektrické energie.

Komentář: V této první úloze jsem vyzkoušel různé typy odporů a paralelní kombinaci mezi nimi tak, abych mohl změřit přesně každou hodnotu proudu. Protože nebyl jeden samostatný odpor, který se dal regulovat, počítal jsem tři odpory, které jsem nastavoval podle spotřeby energie.

Manuální zapojení odporů podle požadované energie při konstantním napětí:

0,5 A (1-2-3), 1 A (3), 2 A (1-3), 4 A (1-2).

1. Dvojitá zátěž ($2 \times 105 \, \Omega$, 2,5 A).
2. Zátěž ($105 \, \Omega$, 2,5 A).
3. Zátěž ($250 \, \Omega$, 1,6 A).

5. Měření HDO

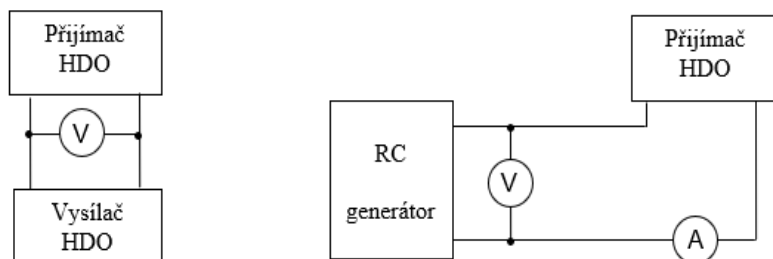
Ve druhé laboratorní úloze je měření na přijímačích HDO. Měření se skládá ze dvou částí. V první části (A) se provádí ověření funkce přijímače pomocí datasheet (kódy pro zapínání a vypínání přijímače). Schéma zapojení je uvedeno na obrázku 27; a praktické schéma zapojení na obrázku 28, které má označené přístroje používané na měření.

V druhé části (B) se provádí měření charakteristiky přijímače HDO tzv. frekvenční charakteristiky toho zařízení. Na obrázku 29 můžeme vidět praktické schéma zapojení, s označením přístrojů používaných na tuto část. Výslednou frekvenční charakteristiku přijímače HDO můžeme vidět na grafu 2.

Použité přístroje:

- Multimetr voltcraft VC155. VA Meter EGC (SVA-II).
- Přijímač HDO FMX 300 ENERMET (220 V, F_0 216 2/3 Hz, 10 A).
- RC generátor BM 534.
- Vysílač HDO MPV01.

B.



Obrázek 27. Schéma zapojení přijímače HDO pro obě měření

Měřicí stůl

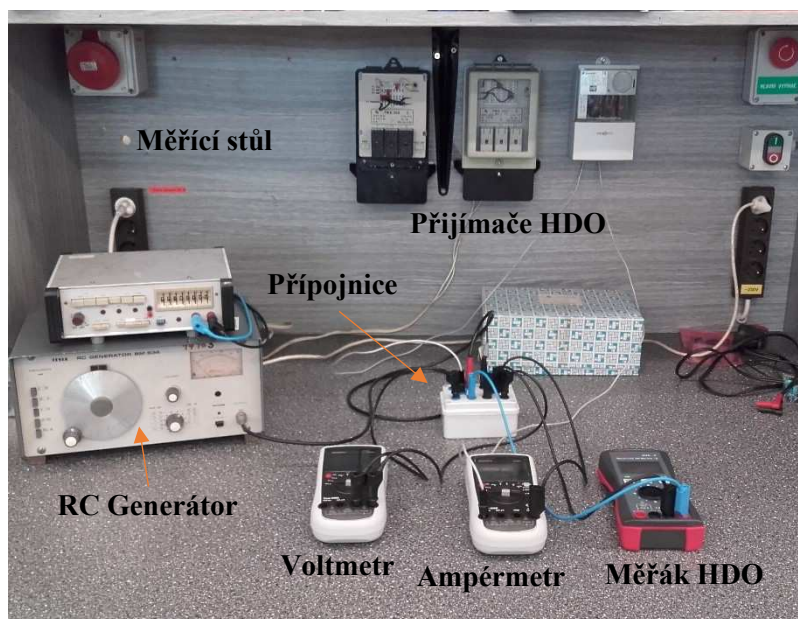
Vysílač HDO

Přijímač HDO

Digitální voltmetr

Obrázek 28. Praktické schéma zapojení přijímače HDO pro ověření funkcí

Část B



Obrázek 29. Praktické schéma zapojení přijímače HDO pro ověření frekvenční charakteristiky

V této části byly použity tři různé přijímače na porovnání charakteristiky každého typu. Co se týče výsledné frekvenční charakteristiky, je podobná pro každý přijímač, ale mají na rozdíl posunuty průběh, a to z důvodu pracovní frekvence každého přijímače. Používané přijímače jsou uvedeny v detailech na obrázku 30. V laboratorní úloze se používaly na zapojení speciální propojovací krabice s deseti svorkami, které se musely vytvořit, aby se dalo lépe měřit. Na obrázku 31 můžeme vidět schéma zapojení propojovací krabice.

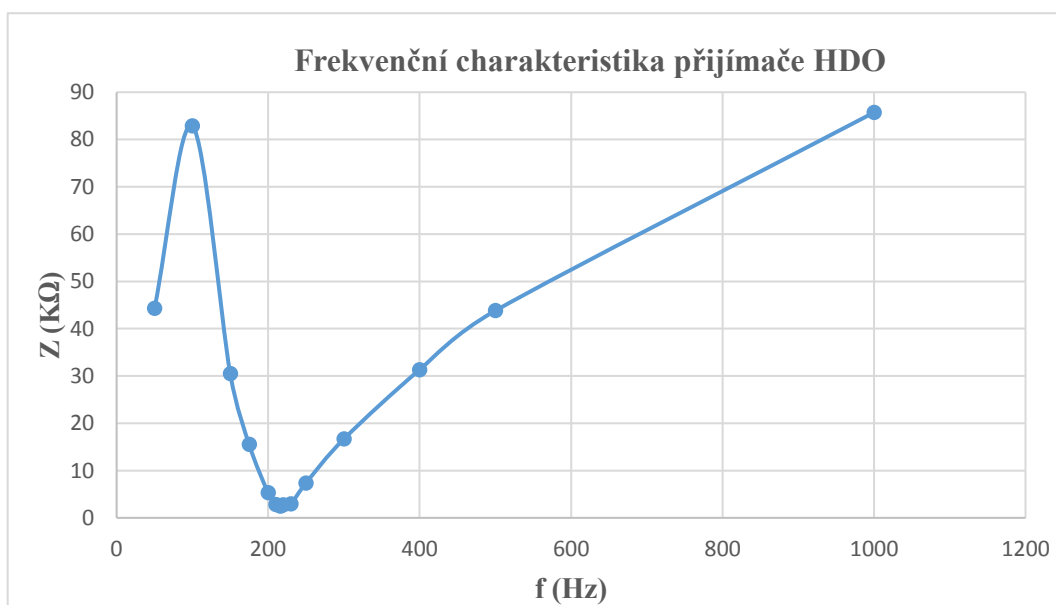


Obrázek 30. Typy přijímačů používané na měření



Obrázek 31. propojovací krabice s deseti svorkami

Výsledná charakteristika přijímače HDO



Graf 2

Vyhodnocení

A – Podle zadaných hodnot a připojovacích podmínky, jsem ověřil správnou funkci přijímače FMX300.
 B – Při měření frekvenční charakteristiky jsem ověřil, že při frekvenci 216 Hz (frekvence dána na štítku zdroje), protéká největší proud. Při 50 Hz jsem naměřil chybnou hodnotu, způsobenou stářím přístroje nebo poruchou HDO.

6. Závěr

Bakalářská práce byla provedena za účelem získání znalostí o výše popsaných zařízeních a systémech. Na základě průzkumu provedeného v různých zdrojích informací jsem vyňal základní pojmy jak z hlediska fungování, tak i složení jednotlivých zařízení. Byly provedeny specifikace a klasifikace různých typů řídicích systémů elektrického výkonu při nízké napětí. Elektrických přístrojů jako elektroměry, jsou zodpovědných za kontrolu a měření spotřeby energie z jednou konkrétní sítě. Rovněž podrobně popisuje oblasti činnosti, na něž elektroměry se vztahují v celé zemi s přihlédnutím na historii každého systému používaného v ČR během let, jeho vývojem a firem, které využívají různé metody pro sledování a měření elektrické sítě.

Elektronické elektroměry byly prováděny pro účely zjišťování spotřeby energie a minimalizování případných chyb měření způsobených staršími typy měřicích elektrických přístrojů v síti, jako jsou například mechanické elektroměry, a odkazuje na použití analogových zařízení jako jsou měřicí přístroje, protože některé z nich jsou přesnější než digitální v některých měřeních. Přesnost a kvalita měření elektrické sítě je obecně prováděna kombinovanými systémy, kde jsou vzájemně propojené analogové a digitální přístroje, aby se dosáhlo větší účinnosti, minimalizace chyb, které se provádějí během měření, a na místech, kde je potřeba trvalé měření energie.

Nakonec byla provedena reálná měření zařízení pro řízení elektrických sítí. Laboratorní úlohy byly založeny na skutečných zkouškách, které se používají ke kontrole správné funkce zařízení před jejich uvedením do provozu nebo k jejich připojení do elektrických sítí. Tyto systémy používají dodavatelé elektrické energie, tj. distributoři, kteří potřebují sledovat spotřebu elektrické energie tak, aby nebyla používána nesprávně a udržovala konstantní elektrickou kvalitu (optimální hodnoty energie).

Vyhodou systému HDO je dálkové ovládání a jeho kompatibilita z hlediska provozu elektrické sítě. Systém HDO také patří mezi inteligentní síť a ovládá nejen odběr elektrické energie, ale také zapíná a vypíná různé sítě podle programovaného času, tj. pracovní doba sítě během 24hod. neboli jeden den. Systém HDO nejčastěji slouží jako řídicí přístroje pro osvětlení a také pro akumulaci tepelné energie. Při řešení této práce jsem získal zkušenosti s měřením a řízením spotřeby elektrické energie. K tomu mi slouží každé zařízení, se kterým jsem pracoval, a hlavně charakteristiky a ověřování správné funkce každého typu. Tyto informace slouží nejen pro bakalářskou práci, ale také pro život a v budoucím zaměstnání.

Seznam literatury

- [1] E.ON distribuce s.r.o. *Hromadné dálkové ovládání* [online]. Publikování 2000-1-11. [Cit. 2018-2-20]. Dostupné z: < <http://elektrika.cz/terminolog/eterminologitem.2005-05-23.9544992535> >
- [2] Hrabák J. *Řízení smart grid sítí*. Praha, květen 2013. Diplomová práce na elektrotechnické fakultě na katedře telekomunikační techniky. Vedoucí diplomová práce Ing. Zdenek Brabec, CSc.
- [3] POHORSKÝ J. – Technická literatura BEN. *Hromadné dálkové ovládání*. 1. Vyd. 2002 - ISBN 80-7300-054-7.
- [4] Svoboda, J. *Systémy hromadného dálkového ovládání*, ČVUT. 2015.
- [5] ZANDL P. *Smat Grids (HDO)* [online]. Česká technologická platforma Recenzent. Publikování 11-07-2016. [Cit. 2018-2-20]. Dostupné z: < <http://www.energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/14443-hdo-je-duch-minulosti-smart-grid-je-platforma-pro-dobu-zmen> >
- [6] Ing. KRUTINA A. *Řízení toků energie*. Plzeň, 2015. Disertační práce na elektrotechnická fakulta, západočeská universita na katedře elektroenergetiky a ekologie. Školitel disertační práce Ing. Zdeněk Vostracký DrSc.
- [7] PNE 38 2530– *Hromadné dálkové ovládání*. 2012.
- [8] doc. Ing. Václav Vrána, CSc.; Ing. Jan Vaňuš, Ing. Václav Kolář Ph.D. *Elektrická měření*. Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB – TU Ostrava. 2015.
- [9] Ing. Tomáš Kostka. *Elektrická měření*. Střední Škola, Havířov – Šumbark. 2008.
- [10] ČEZ distribuce a.s. – *Připojovací podmínky nn* [online]. [Cit. 2018-2-20]. Dostupné z: < http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/technicke-informace/pripoj_podminky/cezdistribuce_pripojovacipodminkynn_20150601_web2.pdf >
- [11] ČEZ distribuce a.s. – *měření energie* [online]. [Cit. 2018-2-20]. Dostupné z: < <http://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-zakazniky/technicke-informace/zmena-typu-mereni.html> >
- [12] Ing. POSPÍŠIL M. *Elektroměry*. Český meteorologický institut. 2013.
- [13] MIKEŠ J. *Elektrická měření pro montéry*. 2., přeprac. vyd. — Praha, SNTL, 1969.

- [14] Elektroměry s.r.o. – *měření elektrické energie* [online]. [Cit. 2018-2-20].
Dostupné z: < <http://www.elektromery.com/page/podruzne-mereni---zakladni-informace/9> >
- [15] PRE – *Elektroměry historie a současnost* [online]. [Cit. 2018-2-20]. Dostupné z:
< <https://www.premereni.cz/Files/dulezite-informace/ke-stazeni/tiskoviny-ke-stazeni/elektromery-historie-a-soucasnost/> >
- [16] E.ON distribuce s.r.o. – *Návod k obsluze čtyřkvadrantního elektroměru DB4, DC4*. 2011.
- [17] Ing. Stanislav Voldán – *4kvadrantní elektroměry* [online]. [Cit. 2018-2-20].
Dostupné z: < <http://elektrika.cz/data/clanky/schrack-4kvadrantni-elektromery> >
- [18] Profi Elekrika – *Elektrodynamické měřicí přístroje* [online]. [Cit. 2018-2-20].
Dostupné z: < <http://elektrika.cz/data/clanky/elektrodynamicke-merici-pristroje/view> >